



IER

Institut d'Economie Rurale

PSI-CORAF

**Pôle Régional de Recherche sur les
Systèmes Irrigués en Afrique de l'ouest**

**Evolution temporelle et variabilité spatiale
des indicateurs de la dégradation des sols
par alcalinisation et sodisation à l'Office du Niger**

Tome 2. Résultats expérimentaux

Serge Marlet et Mamadou Kabirou N'Diaye

avec la collaboration de Mohamed K. Dicko, Oumarou Goïta, Brehima
Tangara, Ester Lopez, Bandiougou Diawara, Daouda Konate, Brehima
Traore et Souleymane Coulibaly

PSI - Mali
Etude et travaux n°6

Octobre 1998

Avant-propos

L'amélioration sensible des performances des systèmes irrigués observée depuis près d'une dizaine d'années à l'Office du Niger permet d'envisager dans les meilleures conditions une poursuite du développement de la région, notamment par l'accroissement des superficies aménagées. Dans ce contexte, les craintes exprimées par quelques-uns de l'existence de phénomènes graves et peu réversibles de dégradation de la fertilité des sols irrigués sont venues semer le doute et tempérer les enthousiasmes. Il était donc important de préciser la nature et l'extension, dans le temps et dans l'espace, de ce processus d'alcalinisation des sols sous l'influence de l'irrigation. C'est la tâche prioritaire que s'est fixée l'Institut d'Economie Rurale (IER) en partenariat avec le CIRAD dans le cadre du projet régional de recherche sur les systèmes irrigués en Afrique de l'Ouest (PSI-CORAF). Pour répondre à cette question, différentes actions ont été entreprises.

En premier lieu, les travaux se sont orientés vers l'étude d'un certain nombre d'indicateurs représentatifs des phénomènes mis en cause, de leur extension, de leur évolution temporelle, de leur variabilité spatiale et de leur impact sur la productivité des systèmes de culture. De cette connaissance de l'état d'avancement des processus et des conditions qui en favorisent le développement, il est attendu un éclairage sur l'évolution à venir de la fertilité des sols et la nature des mesures qu'il conviendrait de prendre pour en minimiser les effets. C'est l'objet de ce présent rapport.

Dans le premier tome, les résultats acquis sur les sols et l'évolution de leurs propriétés ont été synthétisées. Dans ce second tome, l'ensemble des résultats expérimentaux originaux obtenus par le projet ainsi que l'exploitation approfondie de certains travaux antérieurs sont présentés et complétés par la présentation des données brutes en annexes. Cette présentation est précédée du rappel du résumé et des principales conclusions du rapport de synthèse.

Résumé et conclusions

Les sols de l'Office du Niger apparaissent d'une grande complexité héritée:

- Des modalités de mise en place des matériaux dans un environnement deltaïque. Le milieu est structuré sous la forme de vastes cuvettes argileuses séparées par des bourrelets sableux. Ces cuvettes ont pu ensuite être recouvertes de façon variable par des matériaux plus grossiers: petites levées alluviales ou delta d'épandage lors de la rupture périodique des berges ainsi formées.
- De l'évolution des sols sous l'influence de la qualité des eaux et du fonctionnement hydrologique imposé par les caractéristiques du milieu physique et les modalités de gestion des systèmes de culture, de l'irrigation et du drainage.

Il en découle une grande variabilité de courte distance difficilement "cartographiable" et dont l'impact est pourtant prépondérant sur les propriétés physico-chimiques et la fertilité des sols.

Les eaux d'irrigation sont caractérisées par une alcalinité résiduelle positive et les sols évoluent dans un contexte d'alcalinisation (augmentation du pH) et de sodisation (dégradation des propriétés physiques) lorsqu'elles se concentrent. Les sols ne sont généralement pas salés. Au sein du Kala inférieur, les sols de la zone de Niono apparaissent les plus touchés et 30% des superficies atteignent des valeurs critiques en terme d'alcalinité et de sodicité. Les périmètres du Kouroumari et plus encore du Macina, semblent pour le moment épargnés par ces phénomènes d'alcalinisation des sols. Le Macina semble néanmoins confronté à une baisse préoccupante de la fertilité des sols.

Les résultats obtenus nous permettent de formuler les hypothèses suivantes quant à l'évolution des sols des périmètres du Kala inférieur sous irrigation:

- Dans la période précédant la réhabilitation des périmètres, la gestion de l'irrigation et du drainage est déficiente et l'alcalinité et la sodicité des sols argileux, moins perméables et au drainage déficient, a augmenté. Les sols sableux sont globalement épargnés par le phénomène.
- Dans la période suivant la réhabilitation, la maîtrise de l'irrigation et du drainage est améliorée et les cultures se développent pendant la contre-saison. Les canaux d'irrigation restent en eau sur la majeure partie du périmètre, contribuent à la recharge de la nappe sur les formations les plus perméables et alimentent un flux important de remontées capillaires. Dans cette période récente, le pH, la conductivité électrique et la sodicité des sols sableux ont rapidement augmenté tandis que ces indicateurs diminuaient sur les sols argileux. Ces évolutions sont particulièrement sensibles dans l'horizon superficiel tandis que les propriétés des horizons profonds restent partiellement héritées des évolutions antérieures.
- A l'heure actuelle, la salinité et l'alcalinité des sols argileux demeurent plus élevées que celles des sols sableux bien que cette tendance soit en train de s'inverser avec la modification des modalités de

gestion des périmètres. A l'inverse, la sodicité des sols sableux est souvent plus élevée en raison d'un moindre pouvoir tampon de ces sols. Elle favorise la dégradation des propriétés physiques des sols à partir d'une valeur seuil de l'ESP de 5 à 7%.

- La topographie joue un grand rôle dans la distribution des sels à différentes échelles, les points hauts apparaissant, aux yeux du chercheur comme à ceux du paysan, comme les plus sensibles à la dégradation. Il s'agit de zones marginales difficilement irrigables, inclus dans les aménagements ou hors casiers; ou de points hauts relatifs à l'échelle de la rigole d'arroseur ou du bassin d'irrigation, souvent exondés, où viennent se redistribuer les sels apportés par les eaux d'irrigation.
- A l'échelle du périmètre, certains sols montrent un faciès géochimique tendant vers la neutralité, différent des résultats attendus d'une concentration progressive des eaux d'irrigation. Ces différences pourraient être liées aux variations de faciès géochimique des eaux de nappe, elle-même sous la dépendance d'une source de sels fossiles issus de l'aquifère sédimentaire. Ces eaux parfois salées sont vraisemblablement à l'origine des premières efflorescences de salants blancs qui ont pu alarmer de façon excessive les observateurs.
- A l'échelle du profil, le faciès géochimique des sols apparaît sensiblement moins alcalin dans l'horizon superficiel. La majorité des sols est caractérisée par des pH neutres voire légèrement acides en surface. Les pH alcalins s'observent préférentiellement sur les points hauts. Ce phénomène pourrait être attribué à différents mécanismes biogéochimiques influençant le bilan de l'alcalinité (ou des protons): influence de la pCO_2 ; bilan minéral à l'interface entre la solution du sol et la plante en relation avec la fertilisation et les conditions d'alimentation minérale de la culture; redistribution du caractère alcalin en relation avec divers phénomènes d'oxydoréduction;...
- L'influence du système hydraulique se manifeste par une certaine indépendance de l'état de dégradation des sols de bassins rizicoles voisins qui ne sont pas reliés hydrauliquement (par une même rigole d'arroseur par exemple). Par contre, on n'observe aucune corrélation entre les propriétés des sols et la proximité des canaux d'irrigation ou de drainage.
- Malgré les propriétés physico-chimiques défavorables des sols, leur impact sur les performances de la riziculture irriguée apparaît marginal; environ 5% de la superficie sont affectés par des symptômes de dégradation: tache d'infertilité, efflorescences. Les pratiques culturales apparaissent susceptibles de minimiser fortement l'impact des phénomènes d'alcalinisation des sols. Nous avons néanmoins observé localement un effet dépressif sur la production rizicole de pH mesurés *in situ* supérieurs à 7.5.
- Les parcelles maraîchères apparaissent plus sensibles à la dégradation et 20% de la superficie seraient affectés. Les techniques de culture et d'irrigation apparaissent moins aptes à prévenir ou à contourner le problème posé par l'alcalinisation des sols. En effet, la faiblesse du lessivage et la position élevée de la nappe phréatique alimentée en continu par les rigoles d'irrigation peuvent conduire à une concentration superficielle des sels préjudiciable aux cultures. La structure spatiale de la salinité caractérisée par une concentration des sels dans la partie centrale des planches de culture et un fort gradient ascendant de salinité soulignent ces mécanismes.

A ce stade, la dégradation des propriétés physico-chimiques des sols ne semble pas en mesure d'affecter de façon significative la production rizicole; elle pourrait néanmoins contrarier le développement des cultures de diversification plus sensibles à ces contraintes. Cependant, la dégradation rapide des sols de levée sableuse est préoccupante et une attention particulière devra être portée au suivi et la prévention du phénomène. C'est aussi vraisemblablement le cas des sols cultivés hors casiers qui cumulent un certain nombre de contraintes liées à l'absence ou l'insuffisance de drainage, de planage ou de maîtrise de l'eau, sans parler des périmètres installés au fil des canaux... de drainage.

La gestion de l'irrigation et du drainage est fondamentale car elle conditionne le fonctionnement hydrologique des sols et la concentration des sels. Les évolutions les plus préoccupantes que nous avons relevées sur les sols sableux, les points hauts ou les secteurs maraîchers en sont la conséquence directe. C'est donc dans une adaptation des modalités de gestion de l'eau (irrigation et drainage) et des techniques qui lui sont associées (travail du sol et planage par exemple) que des méthodes de prévention ou de réhabilitation efficace pourront être identifiées.

Les perspectives d'évolution des modalités de gestion des périmètres dans un contexte d'accroissement des superficies seront vraisemblablement marquées par une amplification des facteurs de risque liés à:

- Une moindre disponibilité en eau;
- Une moindre qualité des périmètres dont tous les aménagements tertiaires et le planage pourraient être confiés aux exploitants; et:
- Un développement des cultures de diversification.

Ces perspectives plaident pour qu'un dispositif pérenne de suivi de l'évolution des sols en relation avec les performances de l'irrigation, du drainage et des systèmes de culture (notion d'observatoire) soit mis en place et intégré dans le dispositif de suivi-évaluation de l'Office du Niger.

1. Analyse des résultats de Toujan (1980) concernant l'évolution des sols de l'Office du Niger

Toujan (1980), comparant les résultats des analyses de sols pris sur les mêmes sites que Dabin (1951) et utilisant les mêmes méthodes analytiques, a mis en évidence une évolution des propriétés physico-chimiques des sols sous l'influence de l'irrigation. Ces données, complétées par quelques résultats supplémentaires issus de Dabin (1951) (annexe 1.1 et 1.2), ont été analysées.

Les variables étudiées sont:

- La texture: teneur en argiles, limons et sables;
- Le pH (extrait 1:2.5);
- La teneur en carbone, azote et le rapport C/N;
- Le potassium échangeable;
- Le phosphore total;
- Le sodium échangeable, exprimé en meq/100g de sol et en pourcentage de la Capacité d'Echange Cationique (ESP). La CEC n'ayant pas été mesurée, nous l'avons définie égale à 40 meq/100g d'argiles;
- La perméabilité mesurée à partir d'échantillons remaniés après 1 heure et 15 heures d'infiltration.

Dans l'analyse des résultats, nous avons distingué:

- Les sols du Kala inférieur (delta mort) et les sols du Macina (delta vif);
- L'horizon supérieur (0-25 ou 0-30 cm selon les cas) et les horizons inférieurs. Les résultats concernant le carbone, l'azote, le potassium et le phosphore n'ont été exploités que pour l'horizon supérieur.

Les moyennes ont été comparées selon le test de Student.

Pendant cette période de 1951 à 1980, les sols ont connu une évolution sensible de leurs propriétés physico-chimiques caractérisée par (tableau 1.1):

- Une augmentation de la teneur en éléments fins (argiles et limons) entre 1951 et 1980. Cela doit mettre en évidence une amélioration des méthodes de dispersion des sols. Les sols du Macina apparaissent significativement plus argileux et plus limoneux que les sols du Kala inférieur. La teneur en argiles augmente de la surface vers la profondeur tandis que les teneurs en sables et limons diminuent.
- Une augmentation significative de l'alcalinité: augmentation du pH de plus d'une unité dans les horizons supérieurs ou inférieurs, dans le Macina ou le Kala inférieur. Dans le même temps, le pH reste significativement inférieur dans le Macina (1.5 unités pH environ). Le pH augmente très légèrement de la surface vers la profondeur. Le pH a été représenté en fonction de la teneur en sables totaux en 1951 (fig. 1.1) et en 1980 (fig. 1.2). Dans le Kala inférieur, les sols les plus sableux apparaissent significativement moins alcalins que les sols argileux. Entre 1951 et 1980, la différence s'est sensiblement accentuée, passant d'environ 1 unité pH à plus de 1.5 unités pH; l'alcalinité a davantage augmenté sur les sols argileux (cuvettes) que sur les sols sableux (levées). Les sols du Macina montrent un comportement singulier étant à la fois plus argileux que les sols du Kala inférieur et moins alcalins.
- Une augmentation de la sodicité, faible dans le Macina, plus sensible et significative dans le Kala inférieur. Dans le Kala inférieur, la sodicité des horizons inférieurs apparaît plus prononcée. En 1951,

il faut noter que certains sols étaient déjà modérément sodiques. En 1980, la sodicité des sols du Kala inférieur apparaît déjà bien avancée. L'ESP estimée atteint en moyenne 5.64% et certaines valeurs dépassent 15% en relation avec une augmentation du pH. Pendant la période, elle a progressé d'environ 0.1% par an dans les horizons inférieurs.

- Une diminution de la perméabilité médiane. Cette diminution, significative à l'issue de la première heure d'infiltration devient négligeable après 15 heures d'infiltration. Dans les horizons inférieurs, les sols du Macina apparaissent très significativement plus perméables que les sols du Kala inférieur. Dans le Kala inférieur, on observe:

- une influence significative de la texture sur la perméabilité. Les sols sableux apparaissent significativement plus perméables (environ 5 fois) que les sols argileux (fig. 1.3). Les sols du Macina, plus argileux et plus perméables, font exception.

- une influence significative de l'ESP sur la perméabilité (fig. 1.4). La décroissance de la perméabilité semble correspondre à un seuil, proche de 5%. Cela correspond à une valeur de pH de l'ordre de 7.5 à 8.0 (fig. 1.5).

Les sols du Macina apparaissent significativement plus riches en matière organique que les sols du Kala inférieur. Cependant, le taux de matière organique a diminué de moitié depuis la mise en valeur. Cela s'accompagne d'une diminution très significative du taux d'azote tandis que le rapport C/N n'a pas évolué. On note aussi une diminution très importante du taux de potassium échangeable, surtout dans le Macina. Il atteint en 1980 une valeur moyenne inférieure à 0.2 meq/100g de sol, et pourrait conduire à l'apparition de carences en cet élément. Dans le même temps le stock de phosphore a augmenté de façon inexplicable.

L'évolution des sols s'inscrit tout d'abord dans un contexte d'alcalinisation et de sodisation. Ces évolutions concernent principalement les sols argileux (cuvettes) dans le delta mort; la faible perméabilité de ces sols et l'inefficacité du drainage avant la réhabilitation des aménagements hydro-agricoles en sont les causes les plus vraisemblables. Dans le même temps, les sols du delta vif (Macina) et les sols sableux (levées) dans le delta mort n'ont que peu évolué, témoignant d'une perméabilité et d'un drainage suffisant. Dans le même temps, la fertilité des sols diminue, notamment dans la zone du Macina.

Tableau 1.1. Evolution des propriétés des sols de l'Office du Niger d'après les données de Toujan (1980)

	1951(Dabin)	1980 (Toujan)	Evolution 51-80
pH (horizon sup.)	5.85	6.92	TS (0.65%)
Macina (delta vif)	4.87	6.02	S (2.2%)
Kala inf. (Delta mort)	6.39	7.42	S (1.1%)
<i>Différence Kala-Macina</i>	TS (0.01%)	TS (0.06%)	
pH (horizons inf.)	5.99	7.11	TS (0.01%)
Macina (delta vif)	4.98	6.09	S (1.0%)
Kala inf. (Delta mort)	6.49	7.62	TS (0.01%)
<i>Différence Kala-Macina</i>	TS (0.01%)	TS (0.2%)	
Na ech. (horizon sup.)	0.24 meq/100g	0.59 meq/100g	S (1.1%)
Macina (delta vif)	0.22 meq/100g	0.31 meq/100g	NS
Kala inf. (Delta mort)	0.25 meq/100g	0.74 meq/100g	S (2.5%)
<i>Différence Kala-Macina</i>	NS	NS	
Na ech. (horizons inf.)	0.35 meq/100g	1.05 meq/100g	S (1.0%)
Macina (delta vif)	0.20 meq/100g	0.30 meq/100g	NS
Kala inf. (Delta mort)	0.42 meq/100g	1.42 meq/100g	S (1.2%)
<i>Différence Kala-Macina</i>	NS	S (3.7%)	
ESP (horizon sup.)**	2.03%	2.83%	NS
Macina (delta vif)	1.12%	1.28%	NS
Kala inf. (Delta mort)	2.52%	3.67%	NS
<i>Différence Kala-Macina</i>	NS	NS	
ESP (horizons inf.)**	2.08%	4.16%	S (3.5%)
Macina (delta vif)	0.75%	1.35%	NS
Kala inf. (Delta mort)	2.79%	5.64%	NS
<i>Différence Kala-Macina</i>	S (2.8%)	S (3.0%)	
Perméabilité 1h (sup)*	$7.5 \cdot 10^{-6} \text{ ms}^{-1}$	$4.5 \cdot 10^{-6} \text{ ms}^{-1}$	S (1.9%)
Macina (delta vif)	$13.3 \cdot 10^{-6} \text{ ms}^{-1}$	$7.3 \cdot 10^{-6} \text{ ms}^{-1}$	NS
Kala inf. (Delta mort)	$5.5 \cdot 10^{-6} \text{ ms}^{-1}$	$3.5 \cdot 10^{-6} \text{ ms}^{-1}$	NS
<i>Différence Kala-Macina</i>	NS	NS	

Perméabilité 1h (inf)*	8.1 10 ⁻⁶ ms ⁻¹	2.1 10 ⁻⁶ ms ⁻¹	<i>TS (0.01%)</i>
Macina (delta vif)	35 10 ⁻⁶ ms ⁻¹	10 10 ⁻⁶ ms ⁻¹	<i>S (2.6%)</i>
Kala inf. (Delta mort)	4.6 10 ⁻⁶ ms ⁻¹	1.1 10 ⁻⁶ ms ⁻¹	<i>TS (0.03%)</i>
<i>Différence Kala-Macina</i>	<i>TS (0.2%)</i>	<i>TS (0.04%)</i>	
Perméabilité 15h (sup)*	1.3 10 ⁻⁶ ms ⁻¹	1.5 10 ⁻⁶ ms ⁻¹	<i>NS</i>
Macina (delta vif)	2.8 10 ⁻⁶ ms ⁻¹	1.8 10 ⁻⁶ ms ⁻¹	<i>NS</i>
Kala inf. (Delta mort)	0.8 10 ⁻⁶ ms ⁻¹	1.3 10 ⁻⁶ ms ⁻¹	<i>NS</i>
<i>Différence Kala-Macina</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>	
Perméabilité 15h (inf)*	1.6 10 ⁻⁶ ms ⁻¹	0.93 10 ⁻⁶ ms ⁻¹	<i>S (3.3%)</i>
Macina (delta vif)	6.2 10 ⁻⁶ ms ⁻¹	2.7 10 ⁻⁶ ms ⁻¹	<i>NS</i>
Kala inf. (Delta mort)	0.93 10 ⁻⁶ ms ⁻¹	0.61 10 ⁻⁶ ms ⁻¹	<i>NS</i>
<i>Différence Kala-Macina</i>	<i>TS (0.2%)</i>	<i>TS (0.3%)</i>	
Sables (horizon sup)	46.1%	43.5%	
Macina (delta vif)	27.7%	31.6%	
Kala inf. (Delta mort)	56.1%	50.0%	
<i>Différence Kala-Macina</i>	<i>TS (0.01%)</i>	<i>TS (0.07%)</i>	
Sables (horizons inf)	37.0%	40.4%	
Macina (delta vif)	22.3%	32.9%	
Kala inf. (Delta mort)	44.4%	44.4%	
<i>Différence Kala-Macina</i>	<i>TS (0.2%)</i>	<i>NS</i>	
Limons (horizon sup)	15.5%	9.1%	
Macina (delta vif)	25.1%	12.4%	
Kala inf. (Delta mort)	10.2%	7.4%	
<i>Différence Kala-Macina</i>	<i>TS (0.01%)</i>	<i>TS (0.01%)</i>	
Limons (horizons inf)	13.4%	7.5%	
Macina (delta vif)	16.0%	8.6%	
Kala inf. (Delta mort)	12.1%	6.9%	
<i>Différence Kala-Macina</i>	<i>TS (0.3%)</i>	<i>NS</i>	

Argiles (horizon sup)	38.4%	47.4%	
Macina (delta vif)	47.2%	56.0%	
Kala inf. (Delta mort)	33.6%	42.7%	
<i>Différence Kala-Macina</i>	<i>TS (0.09%)</i>	<i>NS</i>	
Argiles (horizons inf)	49.6%	52.1%	
Macina (delta vif)	61.6%	58.5%	
Kala inf. (Delta mort)	43.5%	48.7%	
<i>Différence Kala-Macina</i>	<i>TS (0.5%)</i>	<i>NS</i>	
C (horizon sup)	0.59%	0.36%	<i>S (3.4%)</i>
Macina (delta vif)	1.03%	0.54%	<i>TS (0.13%)</i>
Kala inf. (Delta mort)	0.35%	0.27%	<i>NS</i>
<i>Différence Kala-Macina</i>	<i>TS (0.01%)</i>	<i>TS (0.09%)</i>	
N (horizon sup)	0.059%	0.036%	<i>TS (0.01%)</i>
Macina (delta vif)	0.092%	0.053%	<i>TS (0.17%)</i>
Kala inf. (Delta mort)	0.040%	0.027%	<i>TS (0.11%)</i>
<i>Différence Kala-Macina</i>	<i>TS (0.01%)</i>	<i>TS (0.11%)</i>	
C/N (horizon sup)	9.43	9.84	<i>NS</i>
Macina (delta vif)	11.4	10.3	<i>NS</i>
Kala inf. (Delta mort)	8.4	9.6	<i>NS</i>
<i>Différence Kala-Macina</i>	<i>S (1.1%)</i>	<i>NS</i>	
K éch. (horizon sup)	0.49 meq/100g	0.17 meq/100g	<i>TS (0.01%)</i>
Macina (delta vif)	0.56 meq/100g	0.12 meq/100g	<i>TS (0.01%)</i>
Kala inf. (Delta mort)	0.45 meq/100g	0.19 meq/100g	<i>NS</i>
<i>Différence Kala-Macina</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>	
P total (horizon sup)	170 ppm	490 ppm	<i>TS (0.01%)</i>
Macina (delta vif)	270 ppm	830 ppm	<i>S (3.1%)</i>
Kala inf. (Delta mort)	110 ppm	300 ppm	<i>TS (0.9%)</i>
<i>Différence Kala-Macina</i>	<i>TS (0.3%)</i>	<i>TS (0.01%)</i>	

* Valeurs médianes et comparaison de la moyenne des logarithmes

** Estimation de la CEC sur la base de 40 meq/100 g d'argiles

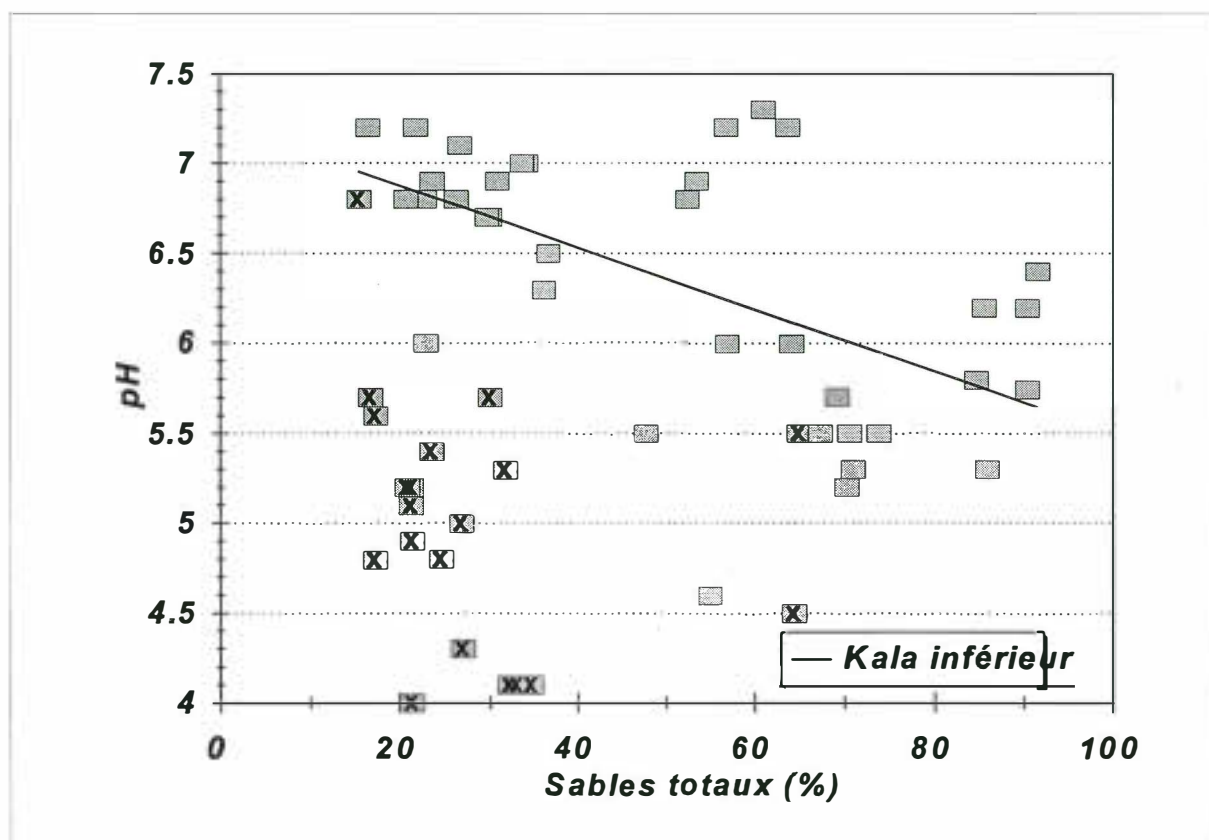


Figure 1.1. 1951: Relation entre la texture et le pH des sols du Macina (X=delta vif) et du Kala inférieur (delta mort), d'après Toujan (1980)

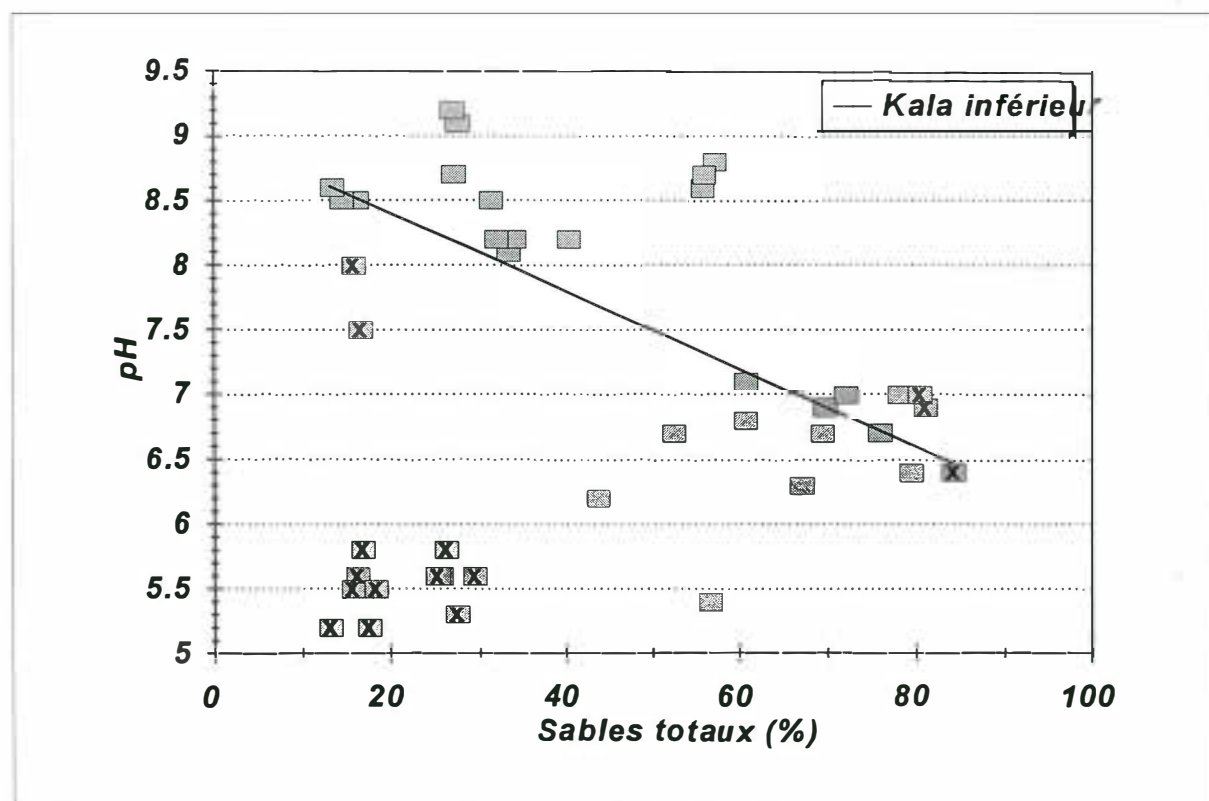


Figure 1.2. 1980: Relation entre la texture et le pH des sols du Macina (X=delta vif) et du Kala inférieur (delta mort), d'après Toujan (1980)

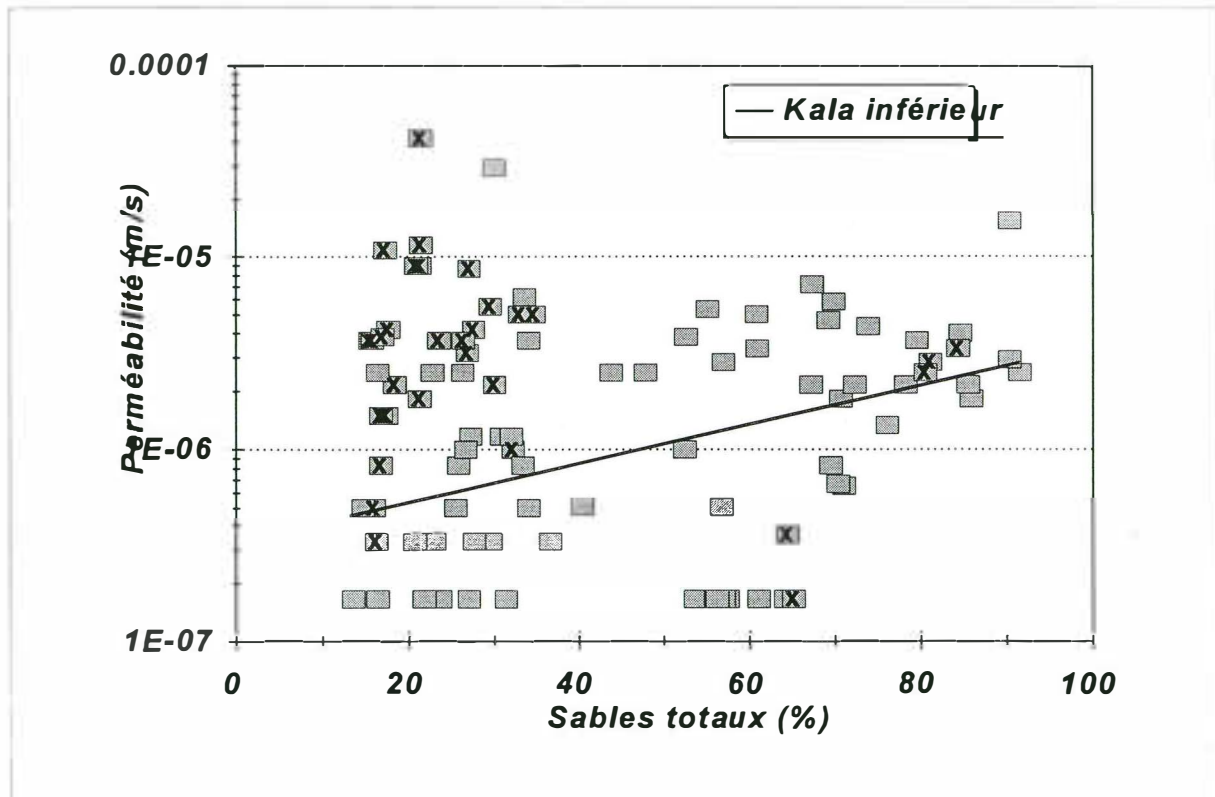


Figure 1.3. 1951 et 1980: Relation entre la texture et la perméabilité des sols du Macina (X=delta vif) et du Kala inférieur (delta mort), d'après Toujan (1980)

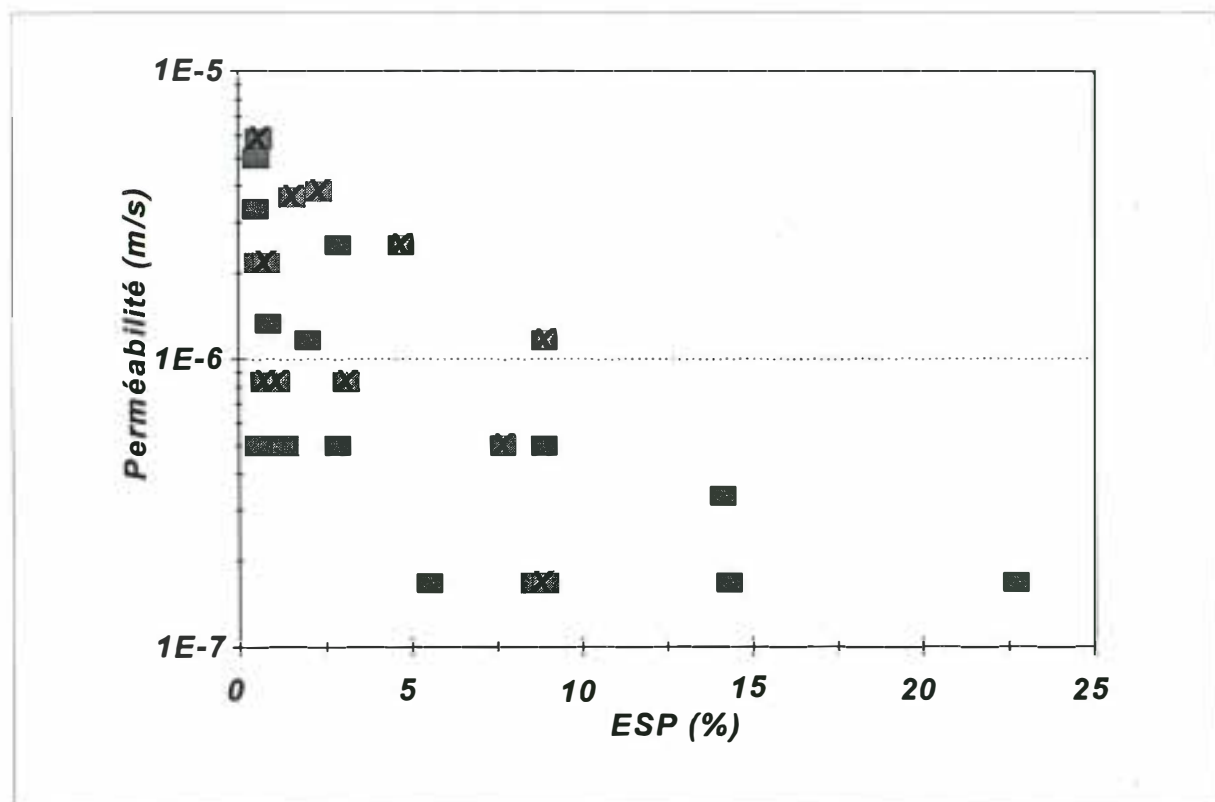


Figure 1.4. 1980: Relation entre la sodicité (Exchangeable Sodium Percentage) et la perméabilité des sols du Kala inférieur après 15 heures d'infiltration [X=horizon supérieur]

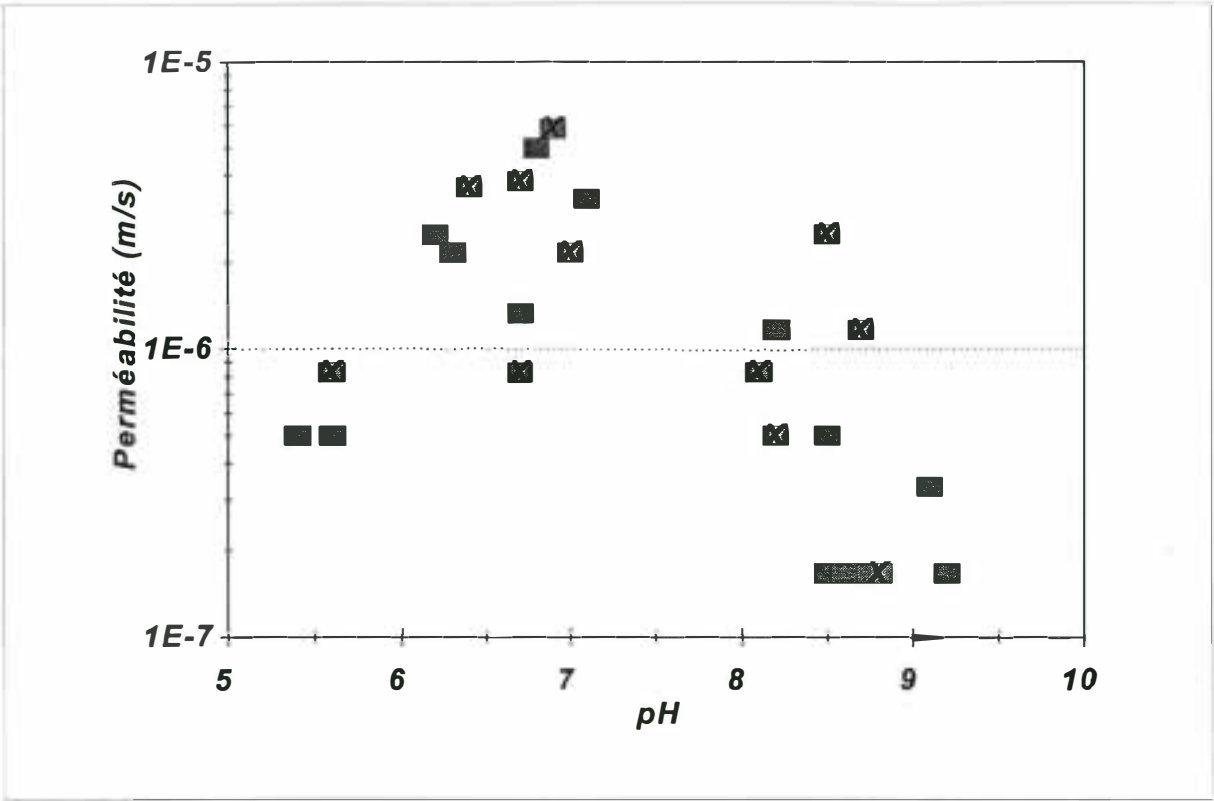


Figure 1.5. 1980: Relation entre le pH et la perméabilité des sols du Kala inférieur après 15 heures d'infiltration [X=horizon supérieur]

2. Analyse complémentaire des résultats de la prospection morphopédologique du Kala inférieur (Keïta *et al.*, 1991; Keïta, 1996)

Les données issues de l'étude morphopédologique du Kala inférieur (Keïta *et al.*, 1991), présentées dans Keïta (1996) ont été exploitées dans le cadre de ce travail. Ont été retenus les données issues des horizons 0-10 cm (221 échantillons), 20-50 cm (233 échantillons) et 50-100 cm (306 échantillons) concernant la texture, le pH, la conductivité électrique et le sodium échangeable exprimé en meq/100 g de sol ou en pourcentage de la capacité d'échange cationique ($ESP=100 \times Na/CEC$). Ces données sont présentées en annexe 2.1, 2.2 et 2.3.

2.1. Salinité, alcalinité et sodicité des sols du Kala inférieur

Dans l'horizon superficiel (0-10 cm), l'étude des relations entre le pH et la conductivité électrique (log) montre une distribution singulière du pH de l'horizon superficiel qui apparaît strictement bimodale (fig. 2.1.); se distinguent ainsi deux groupes de sol à réactions neutre (77.4%) ou alcaline (22.6%). Au sein de chacun de ces deux groupes neutres ou alcalins, on n'observe aucune corrélation significative entre conductivité électrique et pH, ou teneur en sables et pH; néanmoins on observe une tendance à l'augmentation du pH sur les échantillons les plus salés du groupe alcalin.

Dans les horizons inférieurs, la distribution bimodale du pH s'atténue. La conductivité électrique, le pH et la texture apparaissent significativement corrélés (fig. 2.2 et 2.3) malgré une forte dispersion des points. Les sols argileux apparaissent plus alcalins (fig. 2.3) que les sols sableux.

Dans l'horizon superficiel, la sodicité (ESP) n'apparaît liée ni à l'alcalinité (pH), ni à la salinité (CE). Dans les horizons profonds, la sodicité des sols augmente sensiblement pour les valeurs de pH supérieures à 8 (fig. 2.4) et les valeurs de conductivité électrique supérieures à 200 $\mu S/cm$ environ (fig. 2.5).

Les profils moyens de texture des sols de levée (fig. 2.6) et de cuvettes (fig. 2.7) montrent une augmentation de la teneur en éléments fins des levées vers les cuvettes et de la surface vers la profondeur. Les sols de cuvettes apparaissent plus salés (fig. 2.9) et alcalins (fig. 2.8) que les sols de levée. Cet écart diminue de la profondeur vers la surface. Le pH de l'horizon de surface diminue sensiblement sur les deux types de sol et illustre l'évolution du faciès géochimique de l'horizon superficiel d'une forte proportion de sol vers la neutralité.

Les sols de cuvettes sont caractérisés par une plus forte quantité de sodium échangeable (fig. 2.11) et par un ESP plus faible (fig. 2.10). Ce résultat paradoxal est lié à la plus forte CEC (capacité d'échange cationique) des sols de cuvettes. L'horizon 50-100 cm fait exception et est caractérisé par une forte augmentation de la sodicité sur les sols de cuvettes. Keïta (1996) ayant mis en évidence une valeur seuil de l'ESP de 7% au-delà de laquelle on observe une forte dispersion des agrégats, les sols sensibles à une dégradation de leurs propriétés physiques représenteraient 36.1%, 29.0% et 40.3% des horizons 1, 2 et 3 des sols de levée et 29.0%, 23.8% et 47.3% des horizons 1, 2 et 3 des sols de cuvettes.

2.2. Variabilité spatiale des sols à l'échelle du Kala inférieur

Parmi les variables étudiées, les variogrammes de la teneur en sables totaux et du sodium échangeable dans l'horizon 0-10 cm, et du pH et de la CE dans l'horizon 50-100 cm ont une structure pépitique (tab. 2.1.). Il n'apparaît donc aucune structure spatiale à cette échelle pour ces différentes variables. A l'inverse, le pH et la CE de l'horizon 0-10 cm, ainsi que la texture et le sodium échangeable dans l'horizon 50-100 cm présente une structure spatiale d'une portée sensiblement supérieure à 1000 mètres à cette échelle. L'effet pépité traduisant la variabilité à une plus grande échelle (plus courte distance) est généralement important.

Ces différentes variables ont été interpolées par krigeage à partir des modèles de variogramme obtenus. Bien que parfois très peu précises en raison d'une faible densité de points dans certains secteurs, ces cartes semblent apporter les informations suivantes:

- Le pH et la CE apparaissent plus élevés le long de la bordure est du Fala de Molodo. La zone de Molodo (ouest du Fala de Molodo) apparaît peu affectée par les problèmes d'alcalinisation et de salinisation de l'horizon superficiel. Aucune explication ne peut être apportée à ce phénomène.
- Les horizons sous-jacents apparaissent plus argileux le long de l'axe du Fala, notamment à proximité de N'Debougou (fig. 2.12). Cela confirme l'existence de vastes cuvettes déjà mises en évidence par l'étude morphopédologique (Keïta *et al.*, 1991).
- Les horizons sous-jacents apparaissent plus sodiques dans la zone de Niono: sud du Fala Boloni (fig. 2.13). Ces observations confirmeraient une plus forte dégradation des sols dans ce secteur. Les causes en sont mal connues. Elles pourraient être liées à dynamique et à la qualité de la nappe dans cette zone: remontée du plancher du continental terminal, moindre lessivage et/ou mobilisation de sels issus de l'aquifère sous-jacente,...

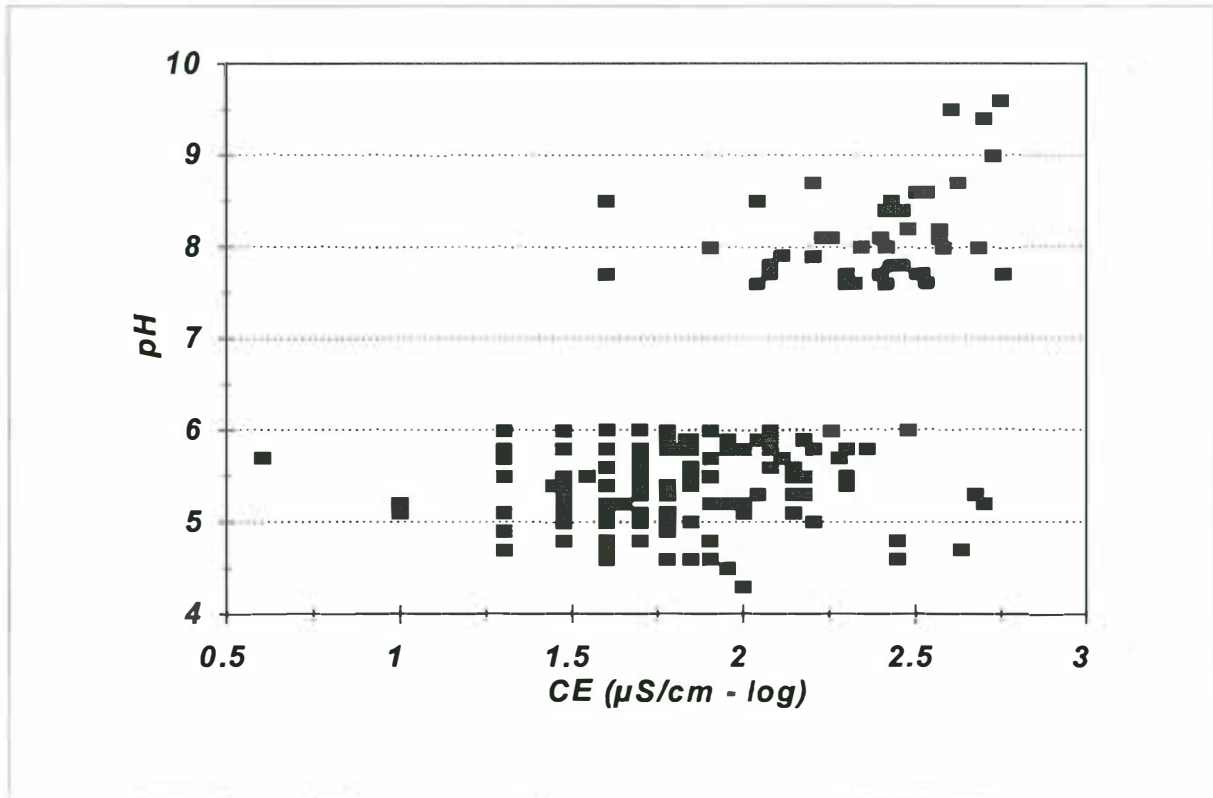


Figure 2.1. Relation pH.vs.log(CE) dans l'horizon 0-10 cm: Kala inférieure (1988-89)

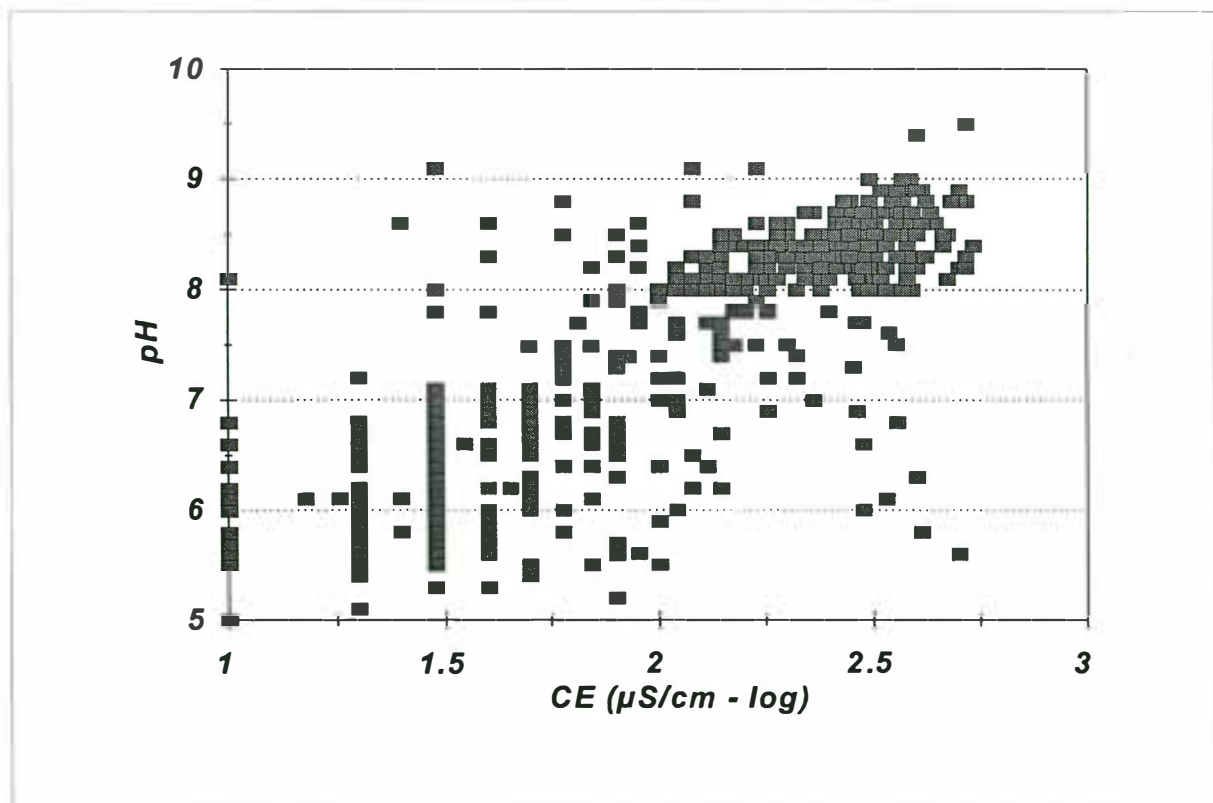


Figure 2.2. Relation pH.vs.log(CE) dans les horizons profonds: Kala inférieure (1988-89)

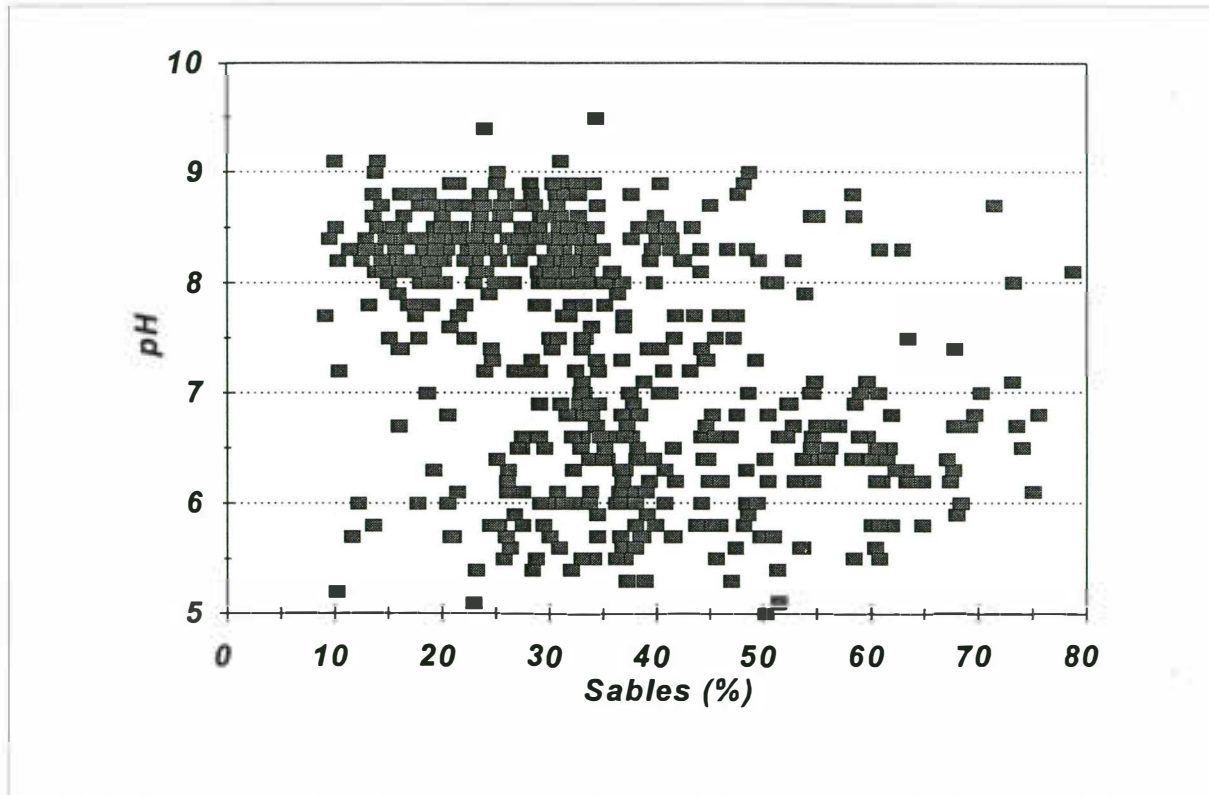


Figure 2.3. Relation entre la teneur en sable et le pH dans les horizons profonds: Kala inférieur (1988-89)

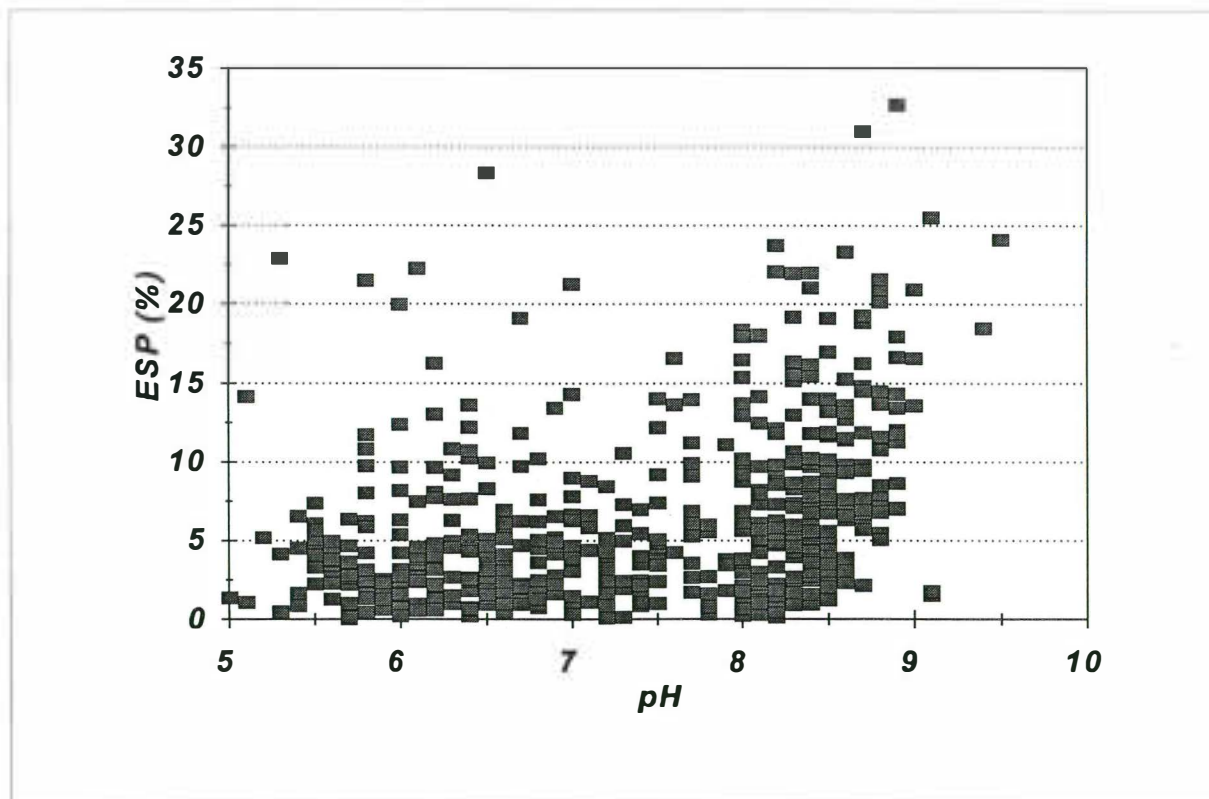


Figure 2.4. Relation entre le pH et l'ESP dans les horizons profonds: Kala inférieur (1988-89)

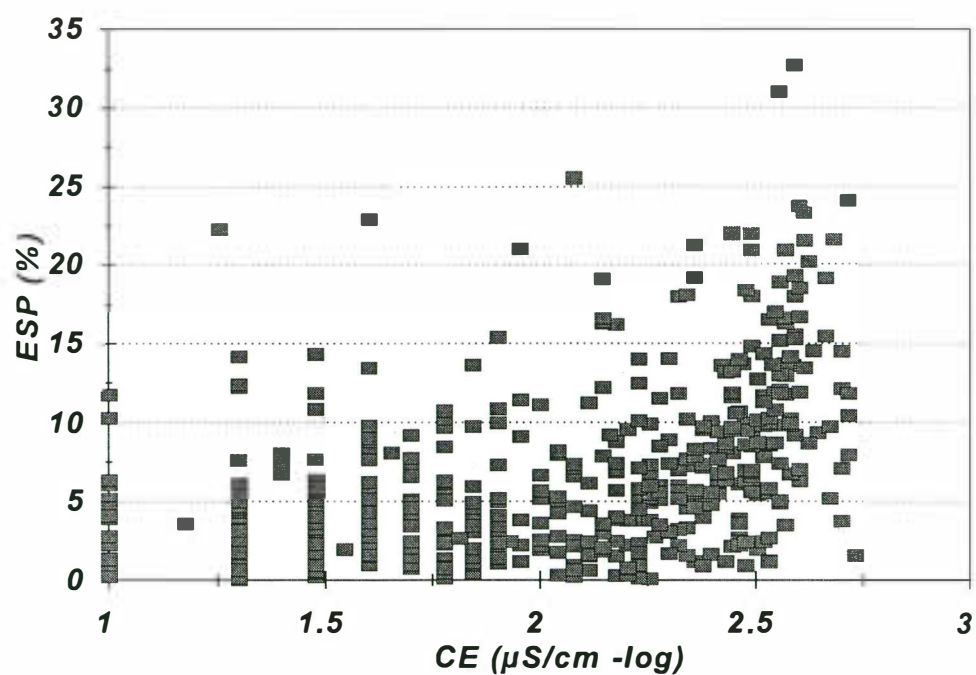


Figure 2.5. Relation entre la conductivité électrique et l'ESP dans les horizons profonds: Kala inférieur (1988-89)

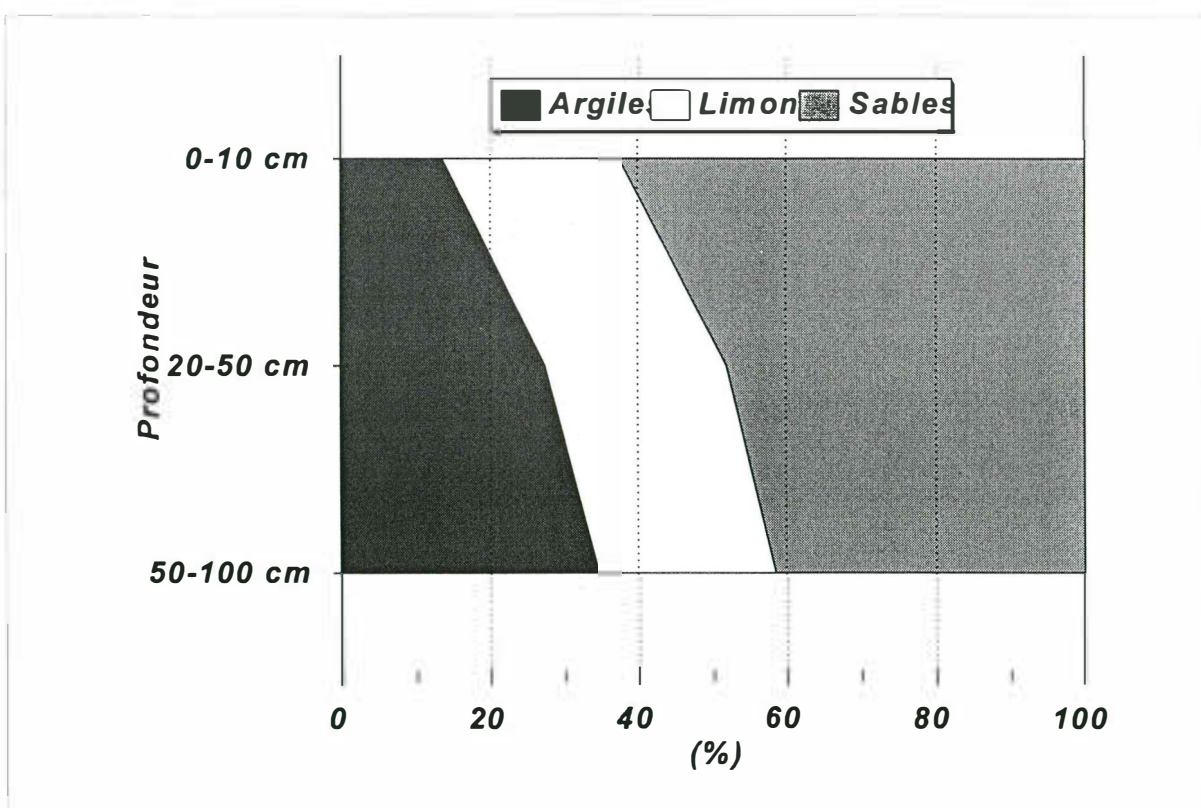


Figure 2.6. Profil de texture moyen des sols de levée: Kala inférieur

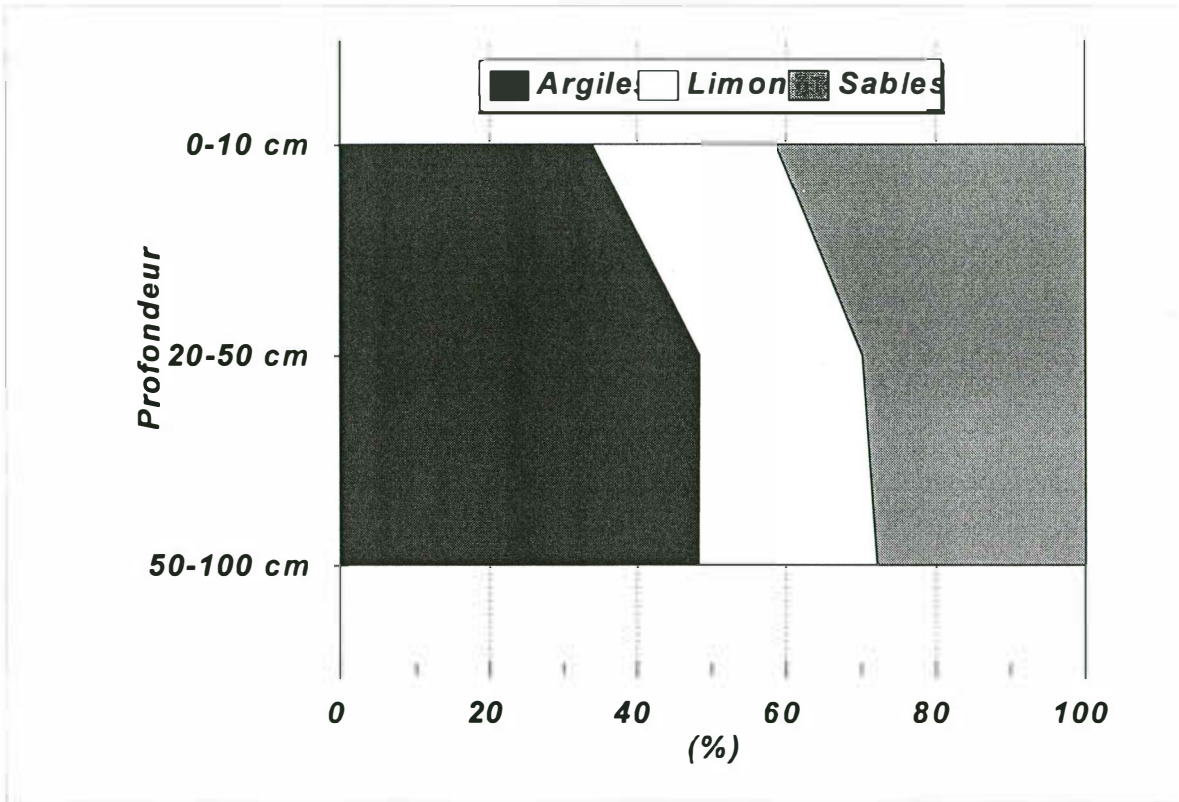


Figure 2.7. Profil de texture moyen des sols de cuvettes ("Dian" et "Moursi"): Kala inférieur

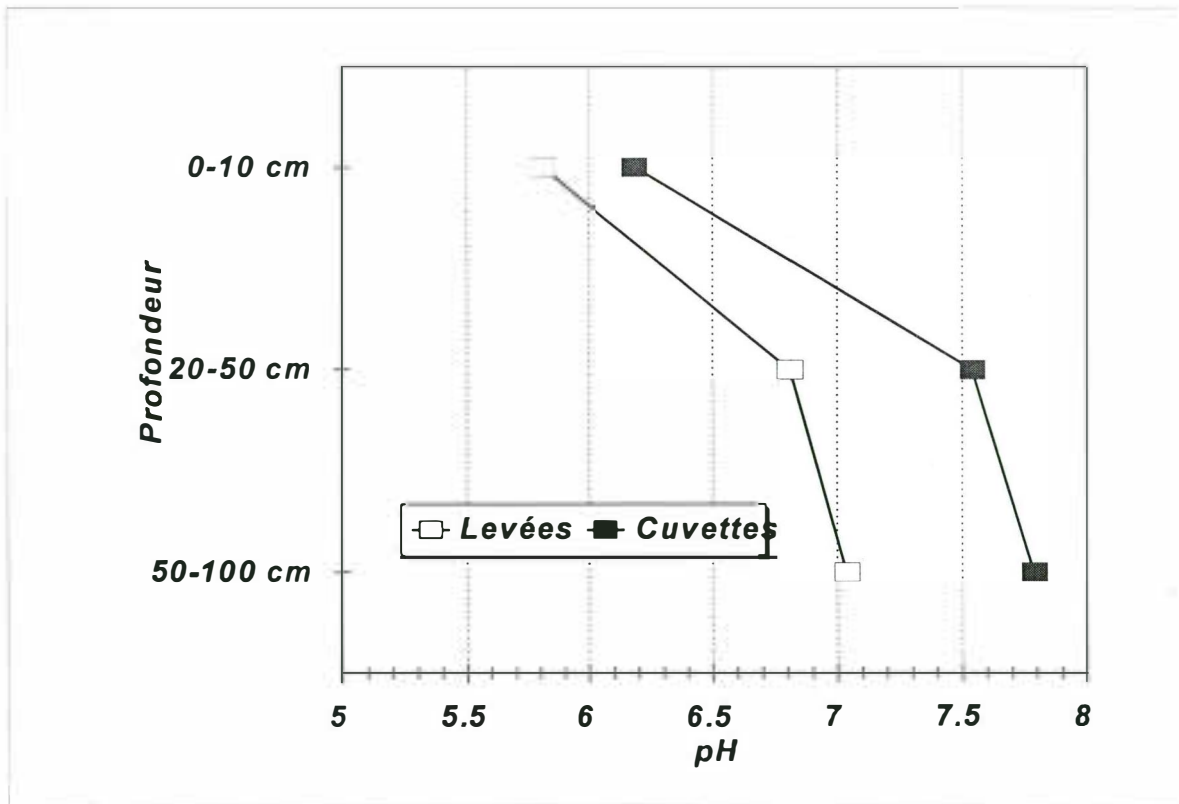


Figure 2.8. Profils de pH moyen des sols de levées et de cuvettes: Kala inférieur (1988-89)

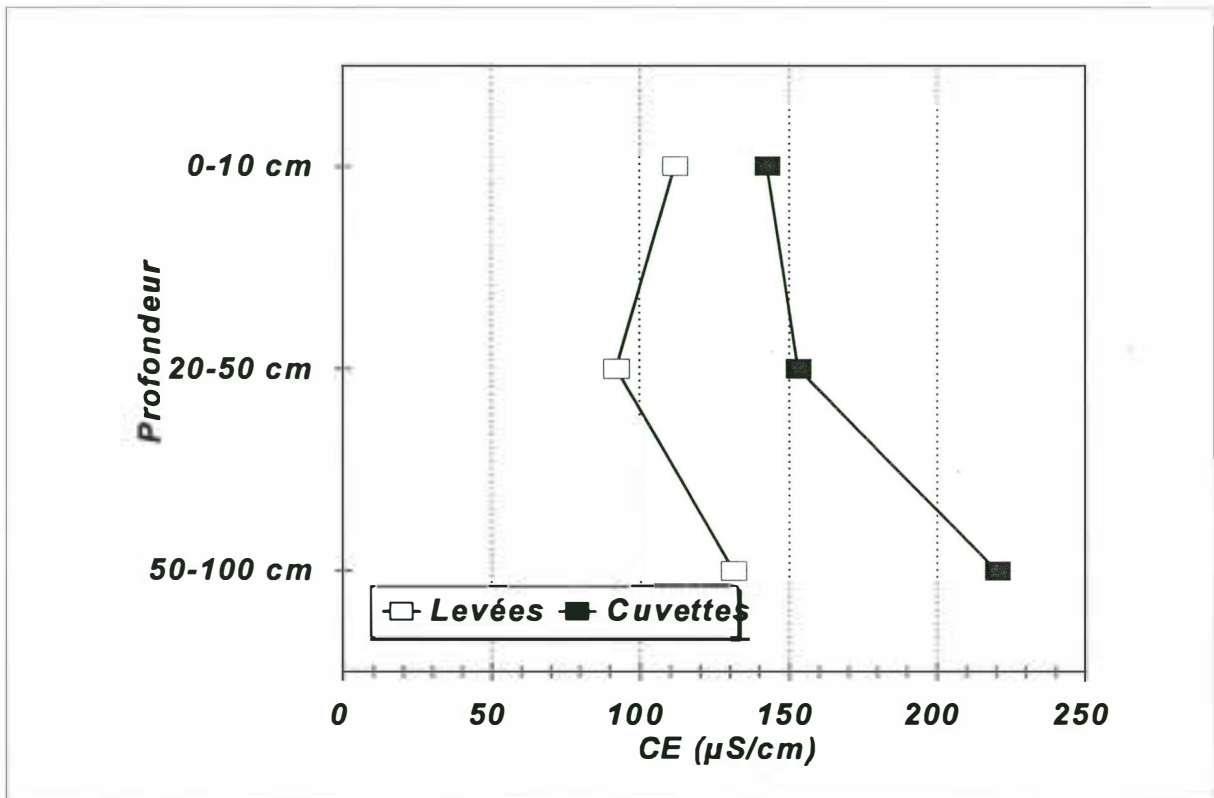


Figure 2.9. Profil de conductivité électrique médiane des sols de levées et de cuvettes: Kala inférieur (1988-89)

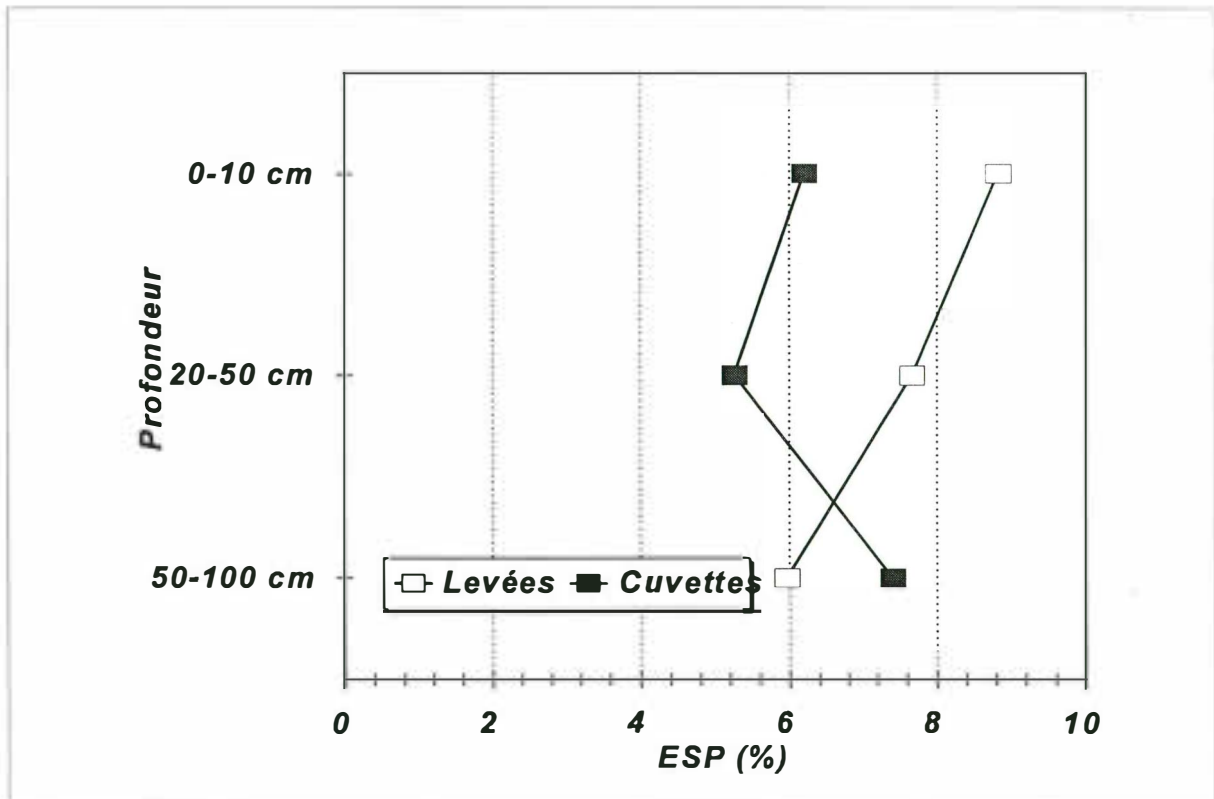


Figure 2.10. Profils d'ESP moyen des sols de levées et de cuvettes: Kala inférieur (1988-89)

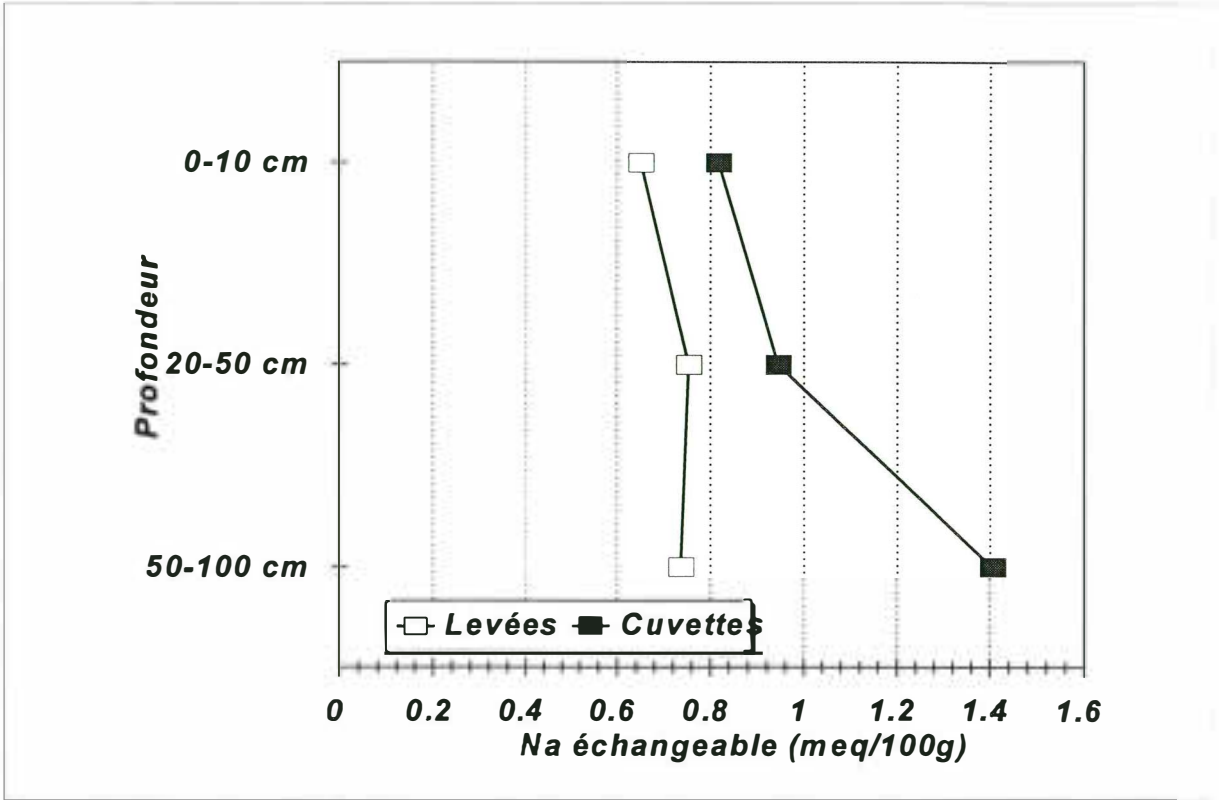


Figure 2.11. Profils de Sodium échangeable des sols de levées et de cuvettes: Kala inférieur (1988-89)

Tableau 2.1. Modèles de variogramme à l'échelle du Kala inférieur

Variable	Variance moyenne	Modèle de variogramme - sphérique			Remarques
		Pépite	Pallier	Portée	
Sables totaux : 0-10 cm	276	pépitique			-
Sables totaux: 50-100 cm	155	91	147	2138	-
pH: 0-10 cm	1.51	0.352	1.552	1560	-
pH: 50-100 cm	1.23	pépitique			-
log(CE): 0-10 cm	0.150	0.079	0.165	5370	-
log(CE): 50-100 cm	0.220	pépitique			-
Na échangeable: 0-10 cm	0.754	pépitique			-
Na échangeable:50-100 cm	1.029	0.759	0.946	1560	-
ESP: 0-10 cm	8.35	pépitique			-
ESP: 50-100 cm	29.7	pépitique			-

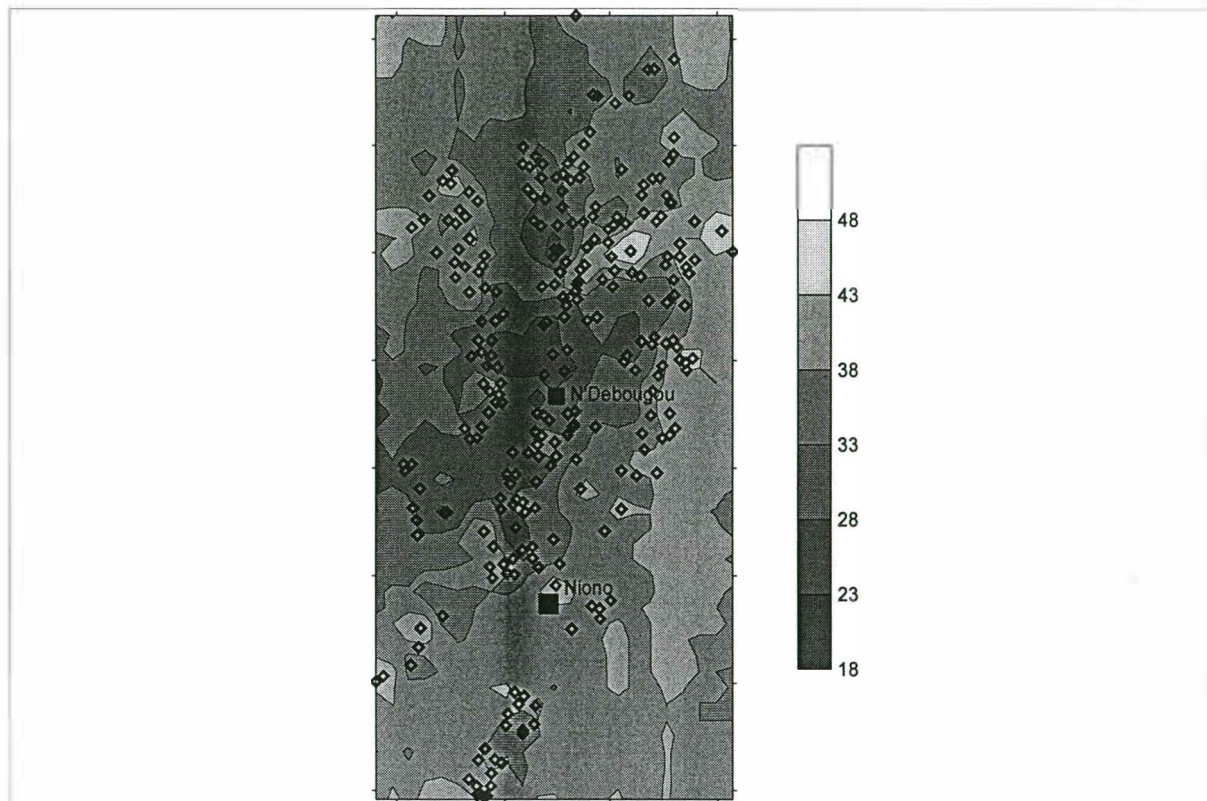


Figure 2.12. Sables totaux (%) dans l'horizon 50-100 cm à l'échelle du Kala inférieur

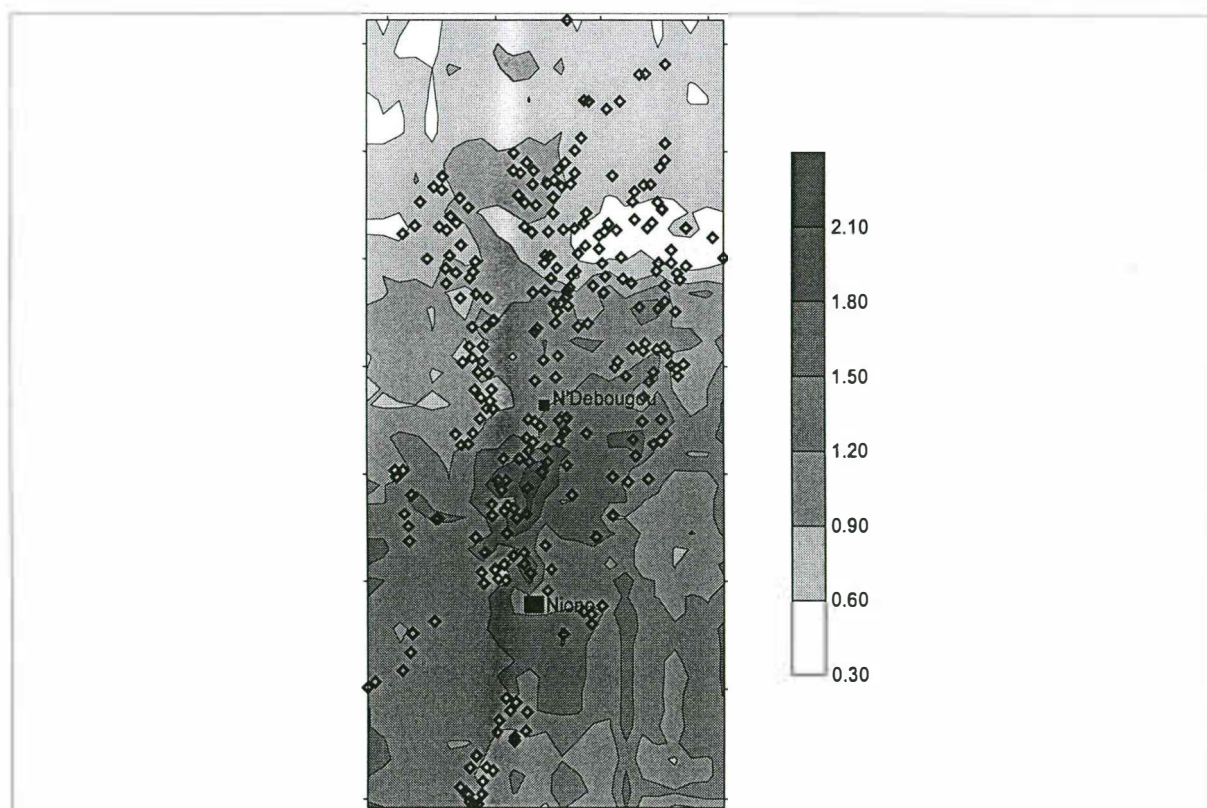


Figure 2.13. Na échangeable (meq/100g) dans l'horizon 50-100 cm à l'échelle du Kala inférieur

3. Propriétés des sols de la zone de Niono: interprétation de divers résultats analytiques.

Divers échantillons de sol ont été prélevés en 1996 et 1997 dans la zone de Niono dans le cadre de travaux réalisés par Bassirou Keïta (annexe 3.1) et Mohamed Dicko (annexe 3.2). Les résultats de ces travaux, orientés vers l'étude des mécanismes géochimiques d'alcalinisation des sols de l'Office du Niger à partir de l'analyse de la composition chimique d'extraits de la solution du sol seront exploités et présentés ultérieurement. Nous nous contenterons ici de présenter les résultats des analyses de sol qui ont été effectuées sur ces échantillons.

3.1. Travaux de Bassirou Keïta - Zone de Niono - 1996

Des échantillons ont été prélevés dans les horizons 0-20 cm et 20-40 cm sur 14 sites de la zone de Niono. Les résultats de ces analyses sont présentés en annexes 3.1 et 3.2. Dans l'horizon 0-20 cm ont été analysés: le pH, la composition du complexe d'échange et la CEC par les méthodes au chlorure de cobaltihexamine et à l'acétate d'ammonium, et la texture (5 fractions). Dans l'horizon 20-40 cm ont été mesurés: la texture (5 fractions), le pH et la conductivité électrique pour 5 niveaux de dilution: pâte saturée (en moyenne 0.63 kg d'eau par kg de sol), extrait 1:1, extrait 1:2.5, extrait 1:5 et extrait 1:10. La composition chimique de ces extraits a été analysée mais les résultats ne seront pas discutés dans ce rapport.

Les résultats de l'horizon 0-20 cm mettent en évidence 2 groupes de sol bien différenciés: sols neutres à acides (pH de 4.7 à 7.0) non sodiques (ESP<5%) et sols alcalins (pH>8) sodiques (ESP>7%) (fig.3.1). Les pH des horizons 0-20 cm et 20-40 cm sont bien corrélés.

Les données obtenues dans l'horizon 20-40 cm nous ont permis d'établir une relation entre la conductivité électrique de la pâte saturée et celle des différents extraits (fig. 3.2 et tab. 3.1). Nous retiendrons un coefficient de 0.4 permettant de passer de la CE d'un extrait 1:2.5, couramment utilisé en association avec une mesure du pH, à celle de la pâte saturée.

3.2. Travaux de Mohamed Dicko - Zone de Niono - 1997

Les 21 échantillons ont été prélevés dans l'horizon 20-40 cm de différents sols de la zone de Niono. Ces échantillons n'ont pas été prélevés aléatoirement et un intérêt particulier a été porté à certains sols manifestant des symptômes de dégradation: salants noirs, salants blancs. Ont été mesurés: la composition du complexe d'échange par la méthode au chlorure de cobaltihexamine, le pH, la conductivité électrique (extrait 1:2.5), le carbone, l'azote, le phosphore assimilable par la méthode de Olsen, la texture (5 fractions) et les humidités pondérales à pF4.2, pF3.0, pF2.5 et pF2.0. Les résultats sont présentés en annexe 3.3.

Les sables fins (moyenne de 32.9%) et les argiles (moyenne de 36.1%) sont les fractions dominantes dans la plupart des sols, ce qui leur confère une forte sensibilité à la compaction.

Des relations entre la texture (teneur en argiles) et l'humidité pondérale à pF4.2 (fig.3.3.), pF3.0 (fig.3.4.), pF2.5 (fig.3.5.) et pF2.0 (fig.3.6) ont été établies.

L'étude des relations entre la conductivité électrique (log) et le pH met en évidence une proportion dominante de sol évoluant par la voie alcaline, mais aussi un certain nombre de sols salés proche de la neutralité: échantillons 6 et 7, mais aussi 5, 11 et 18. Deux échantillons sont très fortement dégradés, salés et alcalins: échantillons 8 et 15 (fig.3.7). Les relations entre le pH et l'ESP (fig. 3.8), d'une part, et la CE (log) et l'ESP (fig. 3.9), d'autre part, montrent qu'à la fois les sols salés neutres (échantillons 6 et 7) et les sols alcalins apparaissent sodiques. Dans cet échantillon l'ESP médiane s'élève à plus de 8%; mais les sols dégradés sont vraisemblablement sur-représentés.

La capacité d'échange cationique apparaît stable et d'une valeur de 40 meq/100 g d'argile, quoique augmentant légèrement avec le pH (fig. 3.10). Un échantillon fait exception et atteint une CEC de 100 meq/100 g d'argile. Il s'agit d'un échantillon très sableux prélevé sur une levée en bordure d'aménagement et par ailleurs très alcalin. Il est possible que la dégradation ait conduit à la néoformation d'argiles de type montmorillonites dans ces conditions.

En matière de fertilité, les teneurs en matière organique (médiane de 0.41%), en azote (0.035%), en phosphore assimilable (3.9 ppm) ou en potassium échangeable (0.18 meq/100g) apparaissent plutôt faibles.

Tableau 3.1. Relation entre la conductivité électrique d'extraits et de la pâte saturée

	Rapport entre la CE de l'extrait et la CE de la pâte saturée			
	Extrait 1:1	Extrait 1:2.5	Extrait 1:5	Extrait 1:10
Rapport des moyennes	0.577	0.345	0.254	0.157
Moyenne des rapports	0.639	0.381	0.304	0.204
Médiane des rapports	0.713	0.447	0.340	0.241

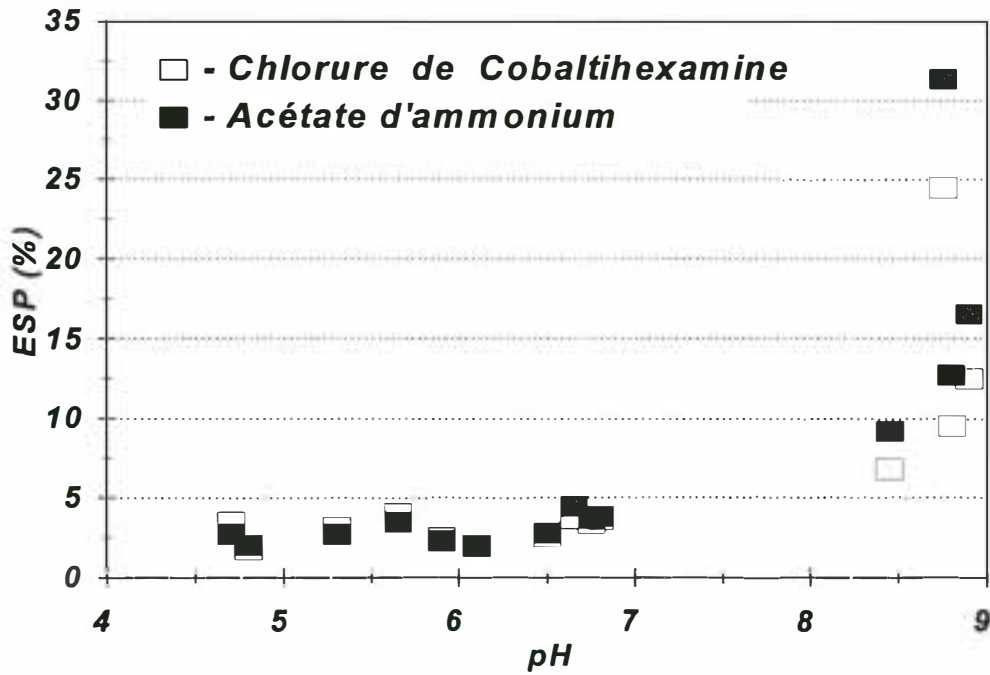


Figure 3.1. Relation entre le pH et l'ESP: zone de Niono, horizon 0-20 cm, 1996

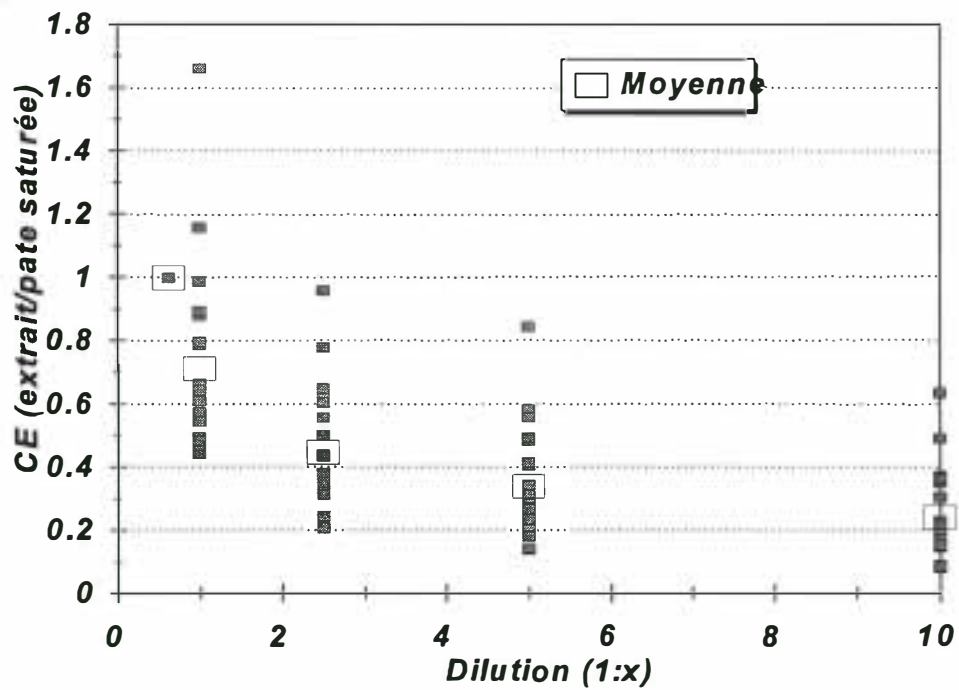


Figure 3.2. Relation entre la conductivité électrique d'extraits et le CE de la pâte saturée

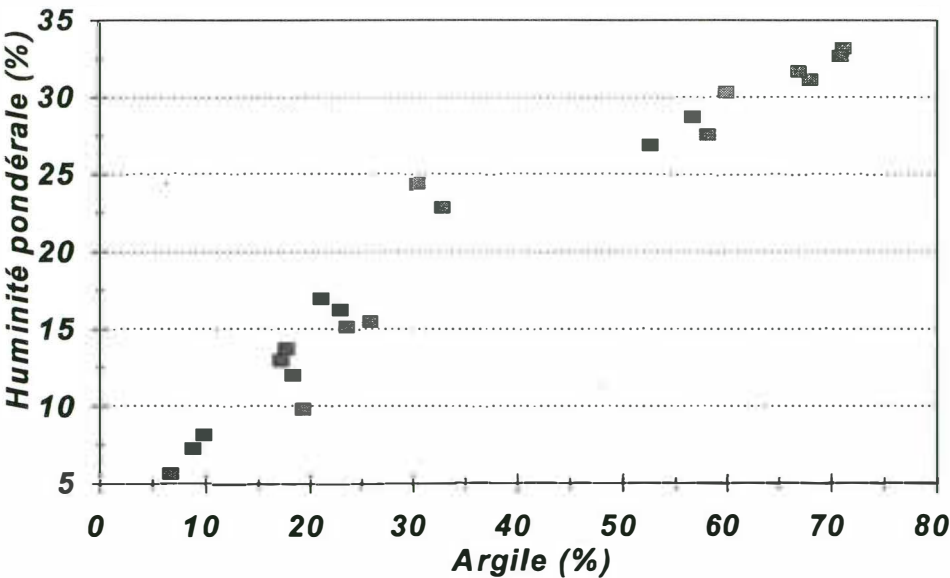


Figure 3.3. Relation entre la teneur en argiles et l'humidité pondérale à pF4.2

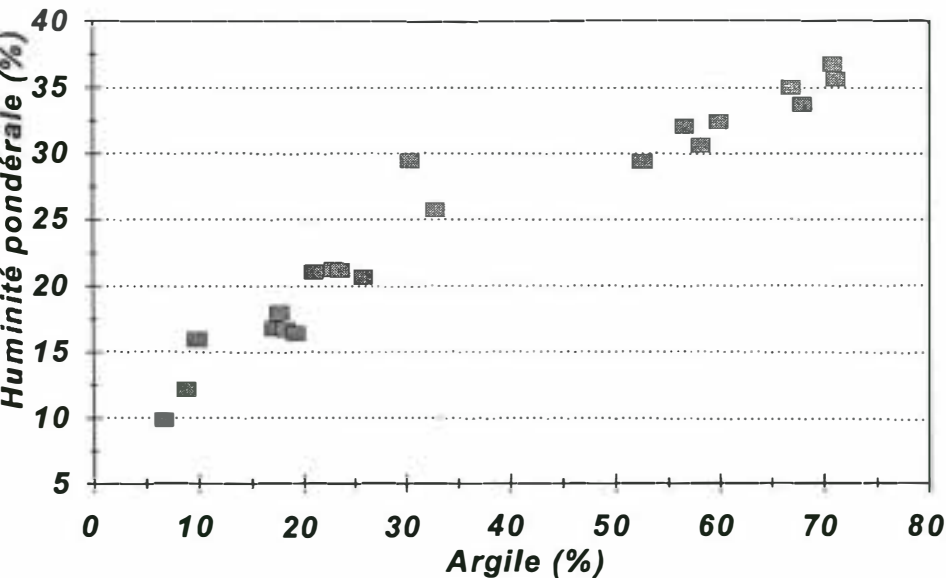


Figure 3.4. Relation entre la teneur en argiles et l'humidité pondérale à pF3.0

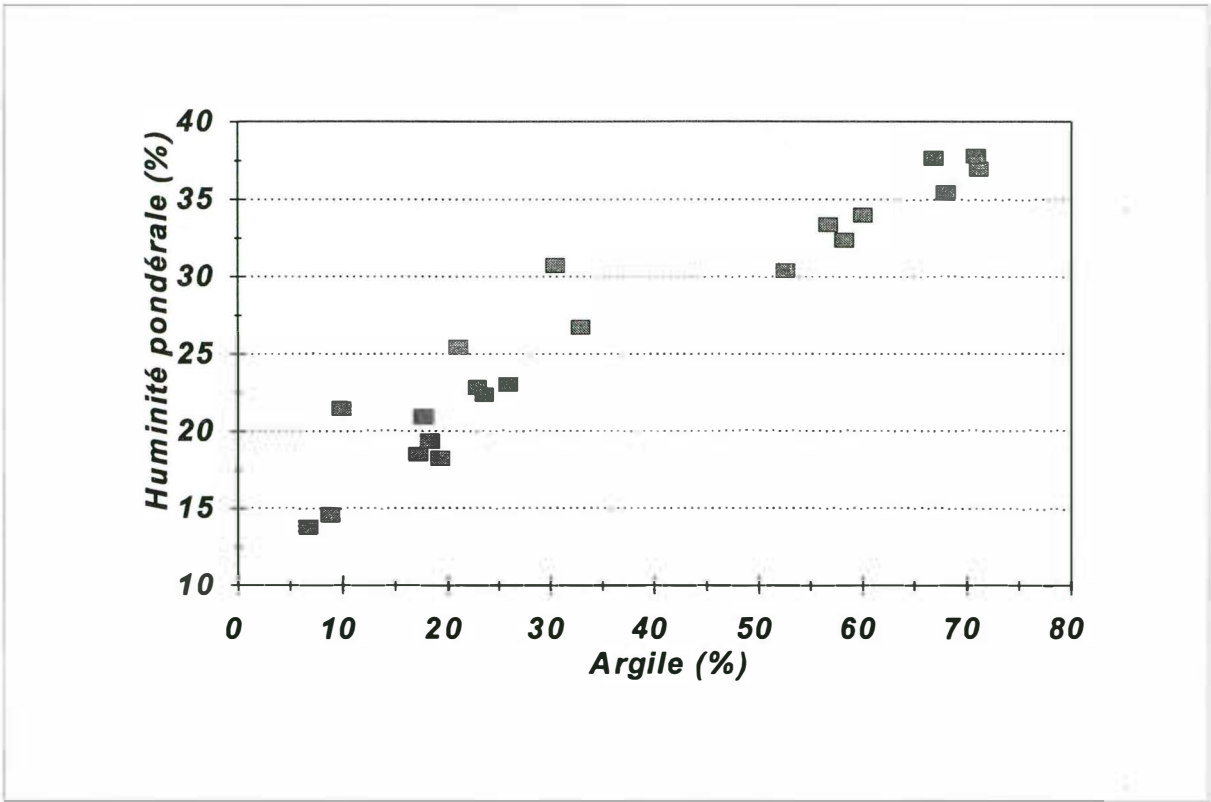


Figure 3.5. Relation entre la teneur en argiles et l'humidité pondérale à pF2.5

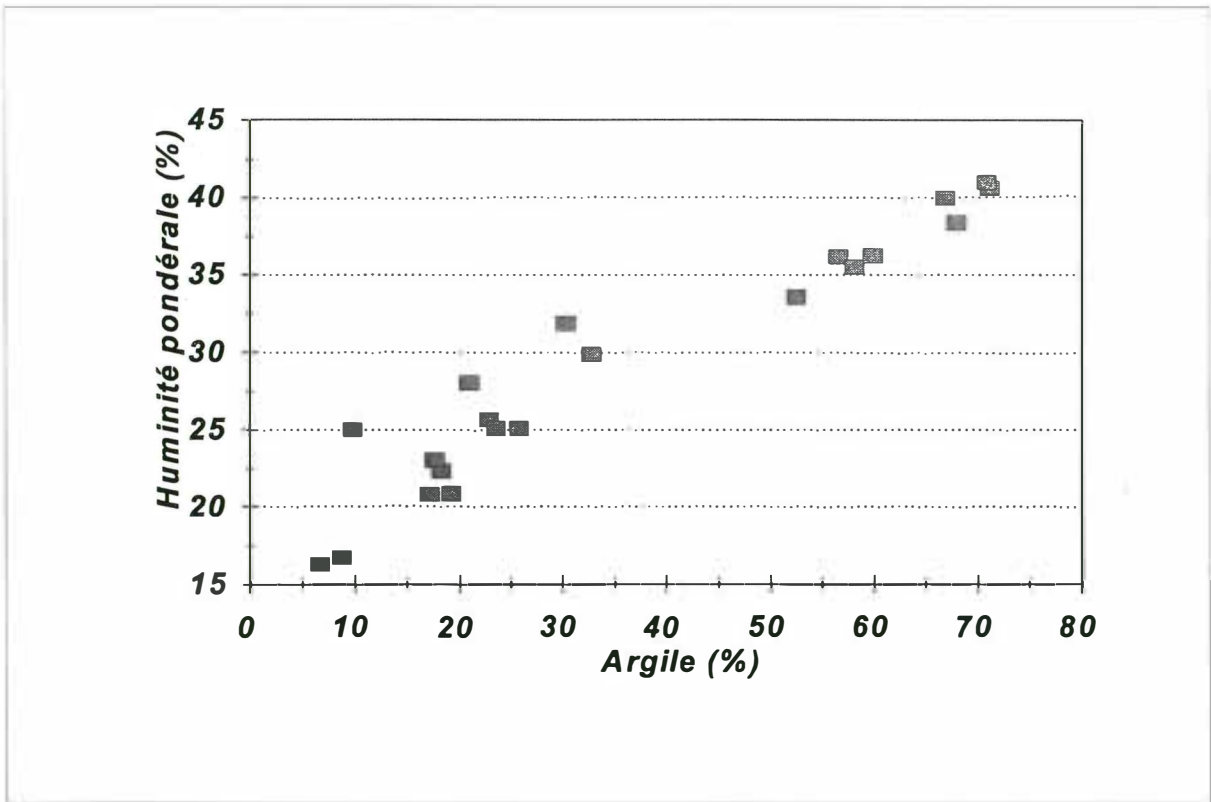


Figure 3.6. Relation entre la teneur en argiles et l'humidité pondérale à pF2.0

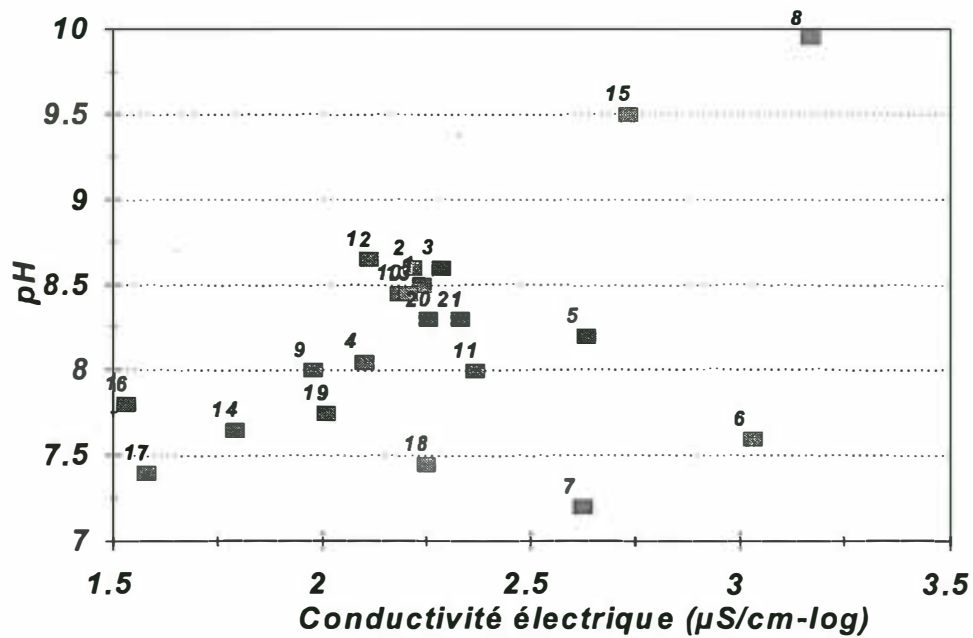


Figure 3.7. Relation entre la conductivité électrique (extrait 1:2.5) et le pH

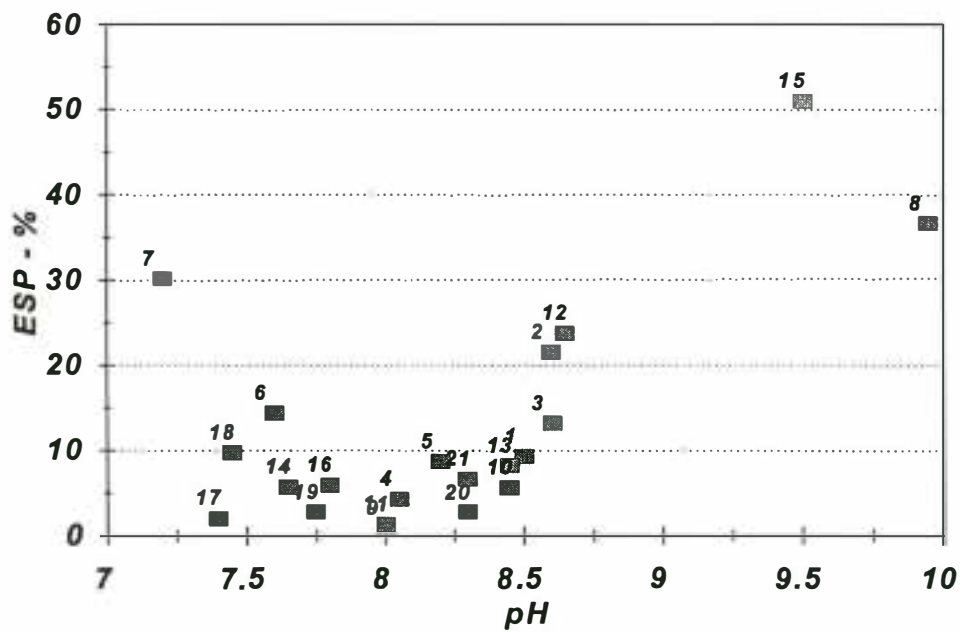


Figure 3.8. Relation entre le pH et l'ESP - Zone de Niono - Horizon 20-40 cm - 1997

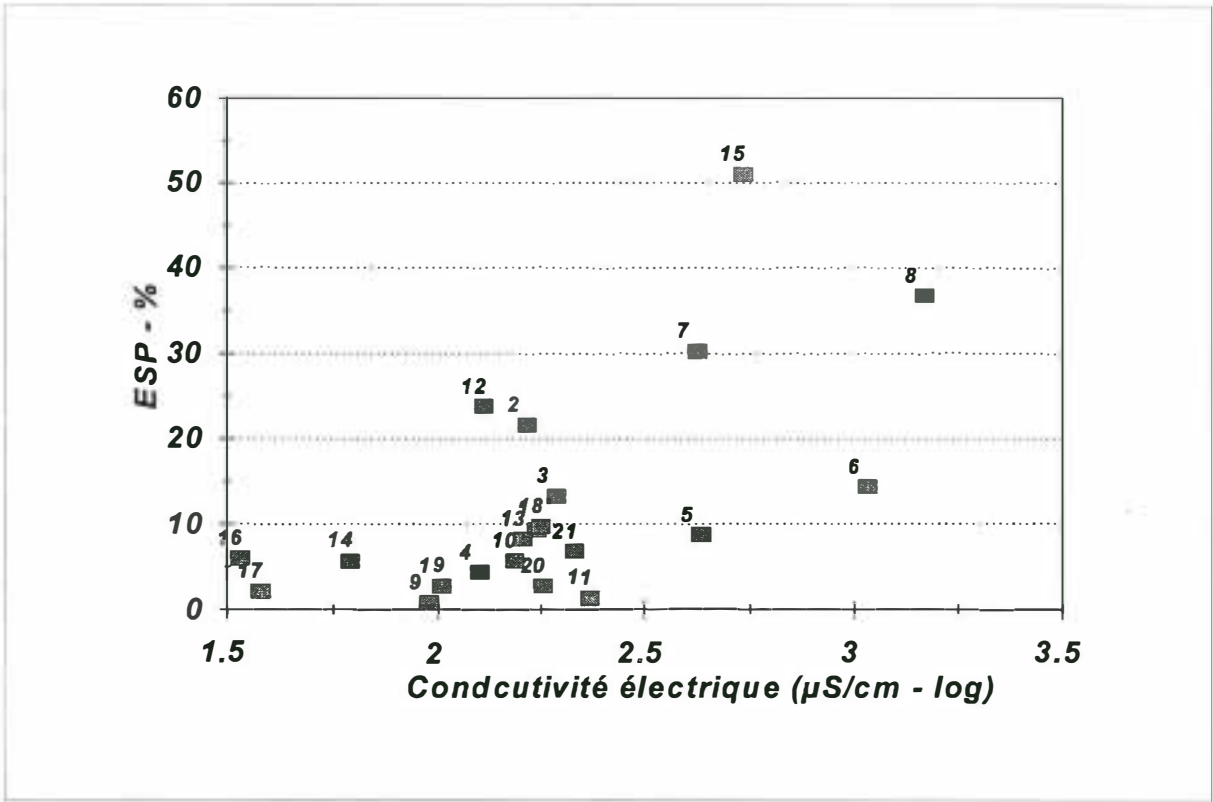


Figure 3.9. Relation entre la Conductivité électrique de l'ESP - zone de Niono - horizon 20-40 cm - 1997

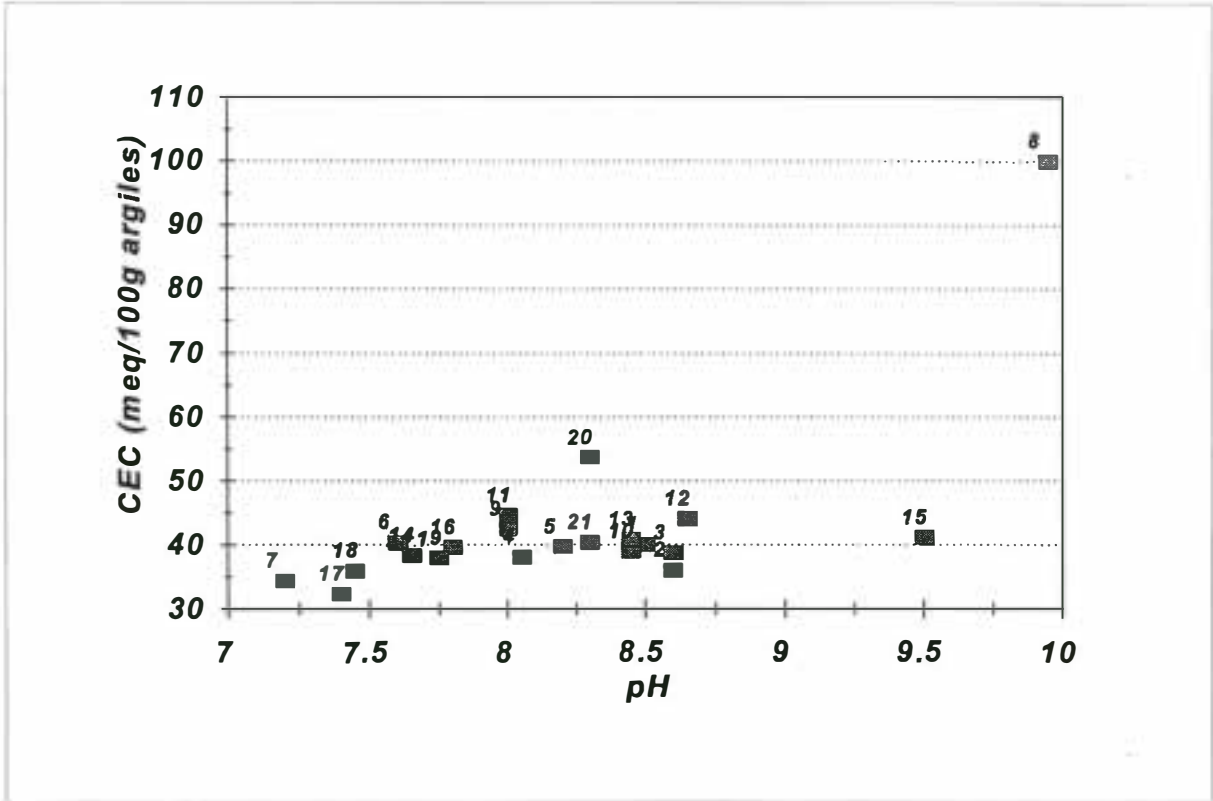


Figure 3.10. Relation entre le pH et la capacité d'échange cationique (meq/100 g d'argiles)

4. Variabilité spatiale des sols

Au sein des unités pédologiques révélées par les études de Dabin (1951) ou Keïta et al. (1991) au 1/50000 ou 1/20000, on observe sur le terrain une forte variabilité résiduelle liée aux modalités complexes de mise en place des matériaux et à l'évolution des propriétés des sols sous l'influence de l'irrigation qui n'ont pu être mise en évidence à ces échelles. Cette variabilité de plus courte distance a été étudiée à l'échelle de quelques arroseurs représentatifs des principales unités pédologiques de la zone de Niono. A travers l'étude de quelques indicateurs, on cherchera aussi à mettre en évidence la nature et l'intensité des processus de dégradation, et les corrélations existantes entre ces différents indicateurs.

Différents indicateurs ont été retenus dans le cadre de ce travail en fonction de leur pertinence vis à vis des phénomènes étudiés mais aussi de leur facilité de mesure:

- La topographie, exprimée en valeur absolue ou en valeur relative (variable centrée);
- La conductivité électromagnétique (EM38), exprimée en valeur brute (mS/m) non étalonnée;
- La texture appréciée par la mesure de la teneur en sables (%);
- La conductivité électrique ($\mu\text{S}/\text{cm}$) mesurée sur des extraits 1:2.5 après 2 heures et 24 heures de suspension;
- Le pH mesuré sur des extraits 1:2.5 après 2 heures et 24 heures de suspension.

Ces 3 derniers indicateurs ont été mesurés dans les horizons 20-30 cm; 70-80 cm et 120-130 cm. 7 secteurs ont été étudiés dans le cadre de ce travail:

- Totalité de l'arroseur N4-1g (topographie et conductivité électromagnétique) représentant un transect amont-aval comprenant levée sableuse, delta d'épandage et cuvette argileuse (unité La, ΔL1 et C1 de la carte morphopédologique de Keïta et al., 1991): simple culture de riz;
- Totalité de l'arroseur N9-8D-1d (topographie et conductivité électromagnétique) représentant une cuvette limoneuse (unité C2L): double culture de riz;
- Secteur de l'arroseur KL3-7d (topographie, texture, pH et CE) représentant une levée récente sableuse (unité ΔS1): simple culture de riz;
- Secteur de l'arroseur N1-2g (topographie, texture, pH et CE) représentant une zone de transition entre delta sableux et cuvette limono-argileuse (unités ΔS2 et C2F): maraîchage;
- secteur de l'arroseur N1-8d (topographie, texture, pH et CE) représentant une cuvette argileuse de type "Dian" (unité C1): simple culture de riz;
- Secteur de l'arroseur N1-2D-3g (topographie, texture, pH et CE) représentant un delta sableux (unités ΔS2): simple culture de riz;
- Secteur de l'arroseur G5-2d (topographie, texture, pH et CE) représentant une cuvette argileuse de type "Moursi" (unité C1): double culture de riz;
- Secteur N9-7D-1g (topographie, texture, pH et CE) représentant une cuvette limoneuse (unité C2L): rotation riz maraîchage.

L'étude de la variabilité spatiale des sols réalisée en 1997 a été poursuivie en 1998 sur le secteur

étudié de l'arroiseur N1-2D-3g. Ce secteur a été retenu parce qu'il présentait la plus grande variabilité du point de vue de la texture et des propriétés chimiques. Par rapport aux travaux de 1997, des mesures supplémentaires ont été réalisées:

- Caractérisation des propriétés physiques dans l'horizon 20-30 cm en complément de la mesure de la teneur en sables, du pH et de la conductivité électrique (extrait 1:2.5) à raison d'une mesure tous les 25 mètres: perméabilité des sols à l'aide d'un perméamètre de Guelph et d'un infiltromètre à succion contrôlée; mesure de la densité apparente par prélèvement de cylindres non remaniés de 250 cc.
- Mesure de la teneur en sables totaux, du pH et de la conductivité électrique de l'horizon 0-10 cm à raison d'une mesure tous les 25 mètres.
- Mesure de la conductivité électromagnétique (verticale et horizontale) à raison d'une mesure tous les 12.5 mètres.

La localisation et les données correspondants aux différents secteurs étudiés sont présentées en annexe 4.

4.1. Topographie

La pente générale de la zone est très faible, à peine supérieure à 10^{-4} soit 1 mètre de dénivelé tous les 10 km environ.

Les topographies de 2 arroiseurs: N4-1g (transect d'une levée sableuse à une cuvette argileuse, fig. 4.1.1.) et N9-8D-1g (cuvette argileuse avec recouvrements sableux peu épais, fig. 4.1.2.), ont été réalisées. Les dénivelés totaux s'élèvent respectivement à 1.20 et 0.40 mètres. Pour l'arroiseur N4-1g, cela correspond à une pente moyenne de 10^{-3} , très supérieure à la pente moyenne de la zone. Les concepteurs ont le plus souvent veillé à assurer une pente de l'arroiseur vers le drain d'arroiseur (exemple de N9-8D-1g mais aussi des arroiseurs G5-2d, N1-8d et N1-2D-3g) ou du partiteur vers le drain (exemple de N1-4g).

Indépendamment des pentes observées au sein des arroiseurs, les relevés mettent en évidence une certaine irrégularité de la topographie mesurée à l'échelle de 6 secteurs de 4 hectares environ. A partir des valeurs centrées au sein des 6 secteurs, la distribution de l'altitude apparaît normale et l'écart type s'élève à 7 cm (fig. 2.1.3.). Cela signifie que les 2/3 de la superficie sont compris dans une fourchette de +/- 7 cm et 90% dans une fourchette de +/- 14 cm à cette échelle.

L'étude du variogramme (tab. 4.1.1.) a été réalisée, soit à partir des données brutes, soit à partir des résidus linéaires lorsqu'une pente significative était mise en évidence au sein des arroiseurs (G5-2d, N1-8d, N1-2D-3g, N4-1g ou N9-8D-1d). Sur l'ensemble des secteurs de 4 hectares, le modèle de variogramme apparaît linéaire et non borné jusqu'à une distance de 200 mètres. Lorsque l'ensemble des arroiseurs est considéré, y compris la totalité des arroiseurs N4-1g et N9-8D-1d d'une superficie plus importante, on obtient une portée de 265 mètres traduisant une forme de modelé indépendante de la pente générale (fig.4.1.4.). L'effet pépité est relativement faible; il correspond à un écart type proche de 4.9 cm correspondant aux erreurs de mesure et aux variations de plus courte distance de la topographie (mottes, dérayures dues au travail du sol,...). A cette échelle, le pallier est égale à 0.016 m^2 , soit un écart

type de 12.6 cm au-delà de la portée.

La topographie des différents secteurs (fig. 4.1.5 à 4.1.10) a été réalisée par krigeage à partir des modèles de variogramme obtenus.

Malgré une impression générale de grande platitude et les travaux de planage réalisés, une proportion non négligeable de “points hauts” difficilement irrigables ou, à contrario, de “points bas” difficilement drainables doit être considérée. Ces variations correspondent à la pente générale ou à une irrégularité de la topographie héritée ou créée par des pratiques culturales inadaptées (travail du sol). Elles sont susceptibles d’affecter la maîtrise de l’irrigation et du drainage et d’influencer la distribution des sels.

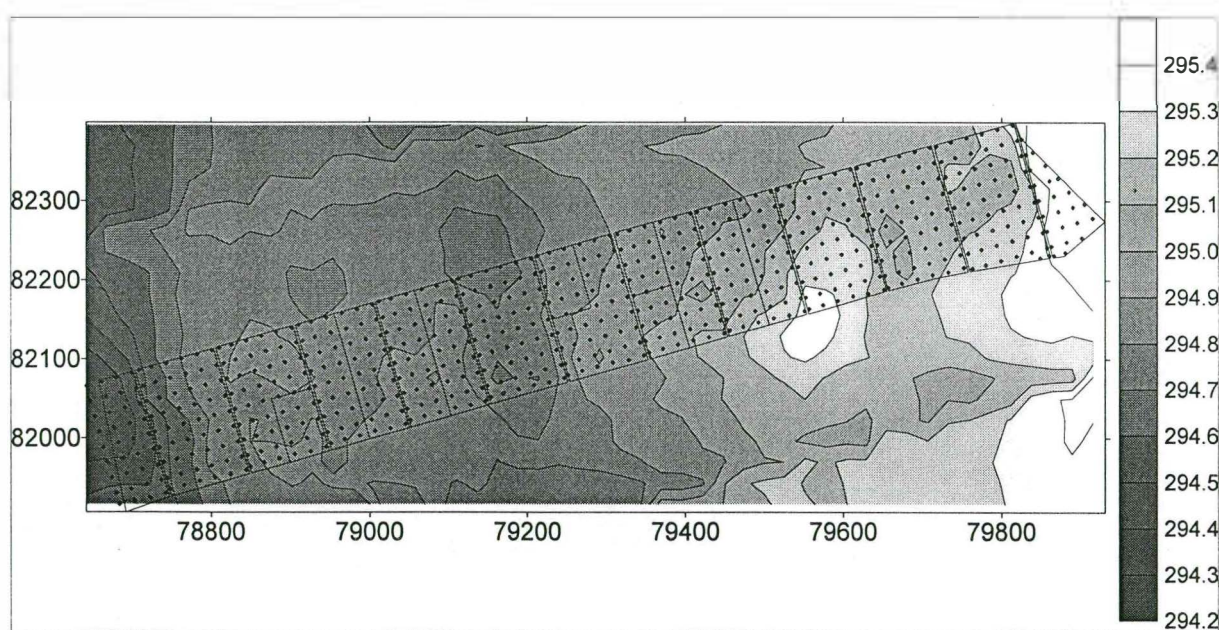


Figure 4.1.1.: Topographie de l'arroseur N4-1g

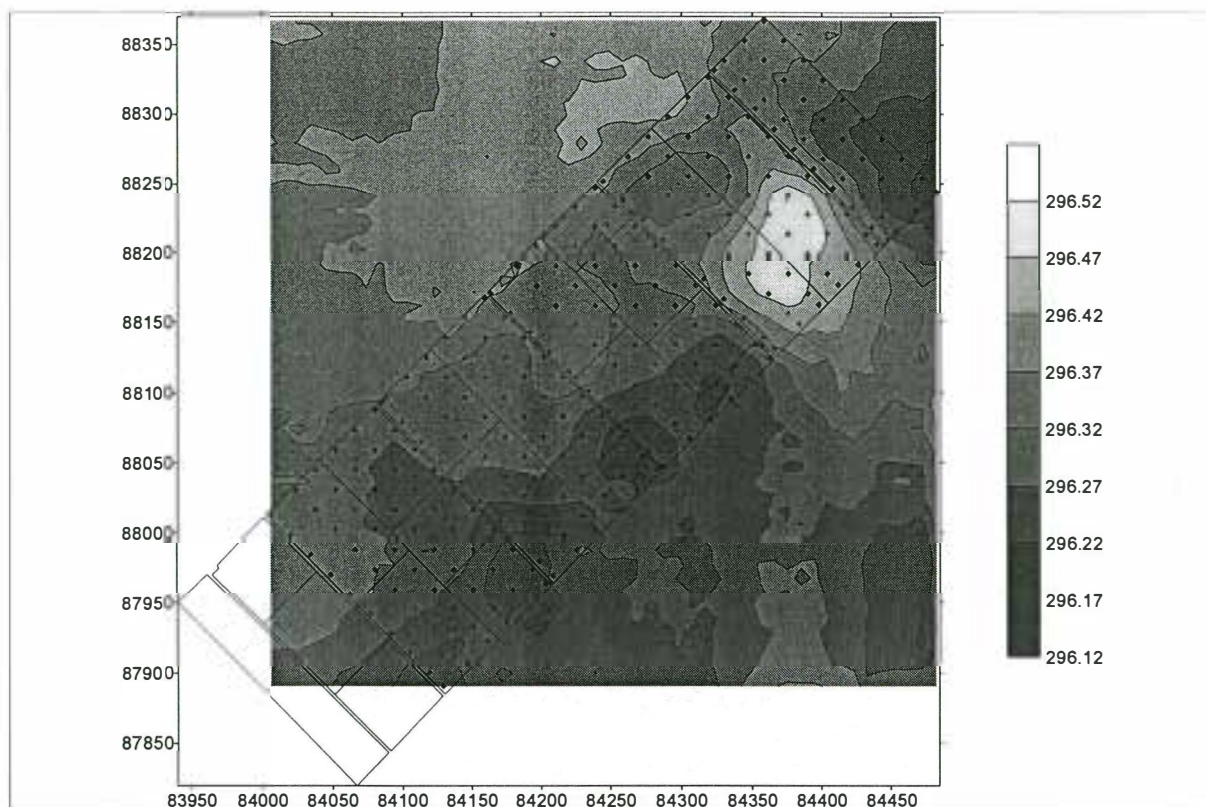


Figure 4.1.2: Topographie de l'arroseur N9-8D-1g

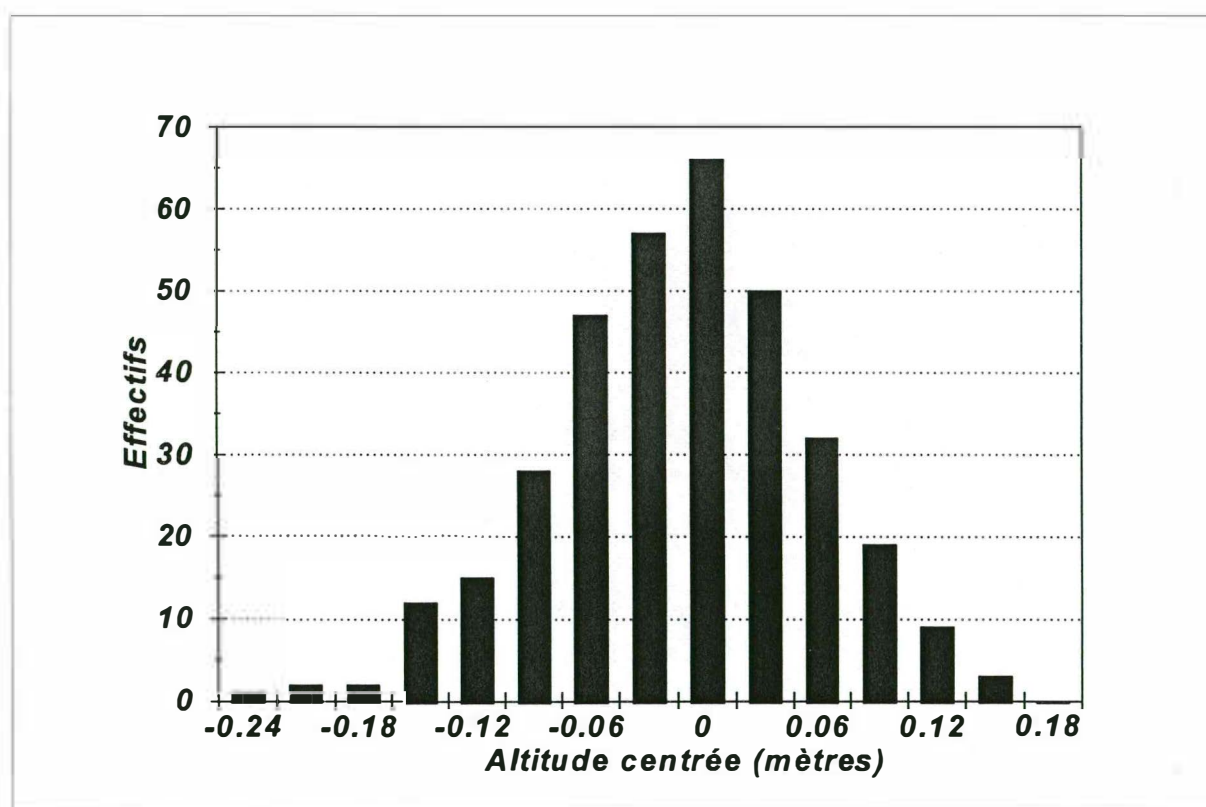


Figure 4.1.3: Histogramme des altitudes (mètres): valeurs centrées pour chaque arroseur

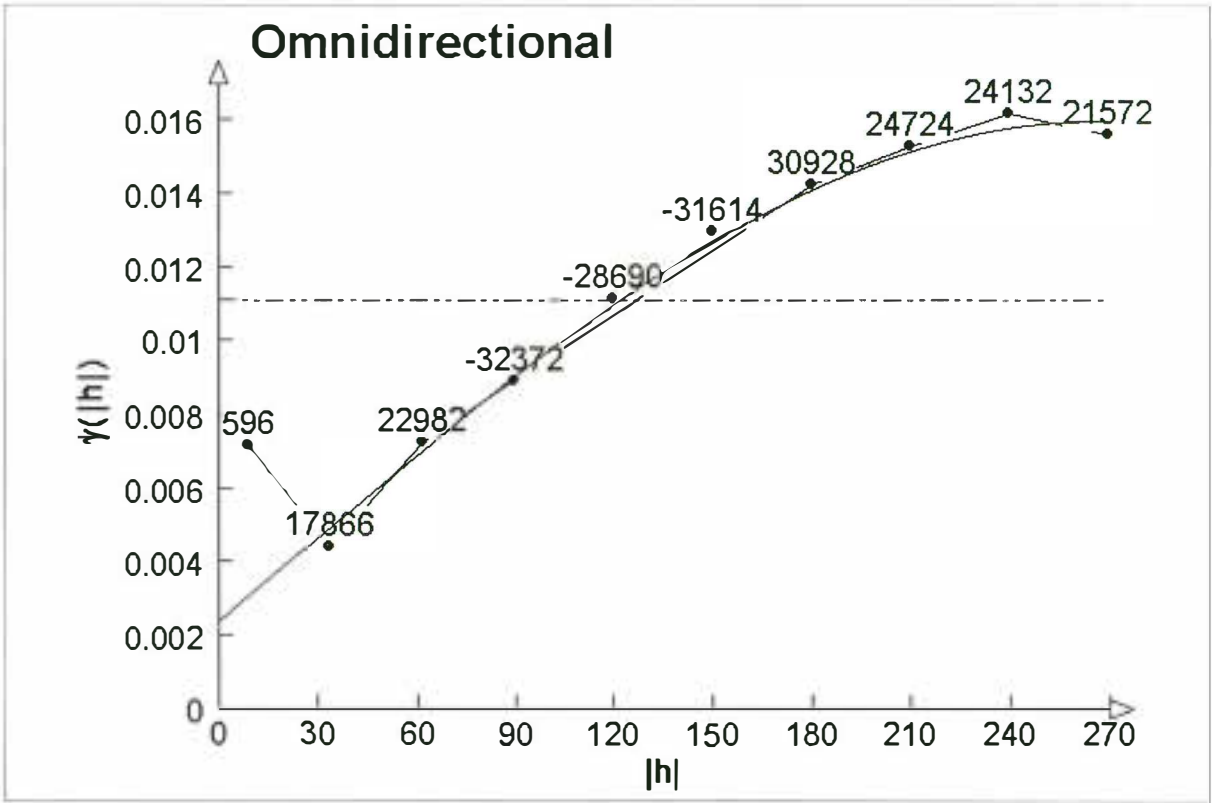


Figure 4.1.4.: Modèle de variogramme de la topographie (mètres) : tous arroseurs

Tableau 4.1.1.: Modèles de variogramme des secteurs ou arroseurs étudiés (*ensemble des 6 secteurs: N1-2g, KL3-7d, G5-2d, N1-8d, N1-2D-3g et N9-7D-1g et 2 arroseurs: N4-1g et N9-8D-1d)

Arroseurs	Variance Moyenne (m²)	Modèle de variogramme			Remarques
		Pépité (m²)	Pallier (m²)	Portée (m)	
Tous*	0.00358	0.0024	0.0160	265	Résidus Linéaires
N1-2g	0.00199	0.00128	0.00215	76	Données brutes
KL3-7d	0.00309	0	0.0040	166	Données brutes
G5-2d	0.00209	0.00108	linéaire: $\alpha=0.0000042$		Résidus linéaires
N1-8d	0.00605	0.00105	0.00905	250	Résidus linéaires
N1-2D-3g	0.0059	0.0006	0.0086	202	Résidus linéaires
N9-7D-1g	0.00196	0.00140	0.00201	57	Données brutes
N4-1g	0.0012	0.00105	0.0136	248	Résidus linéaires
N9-8D-1d	0.0182	0.0062	0.0228	235	Résidus linéaires

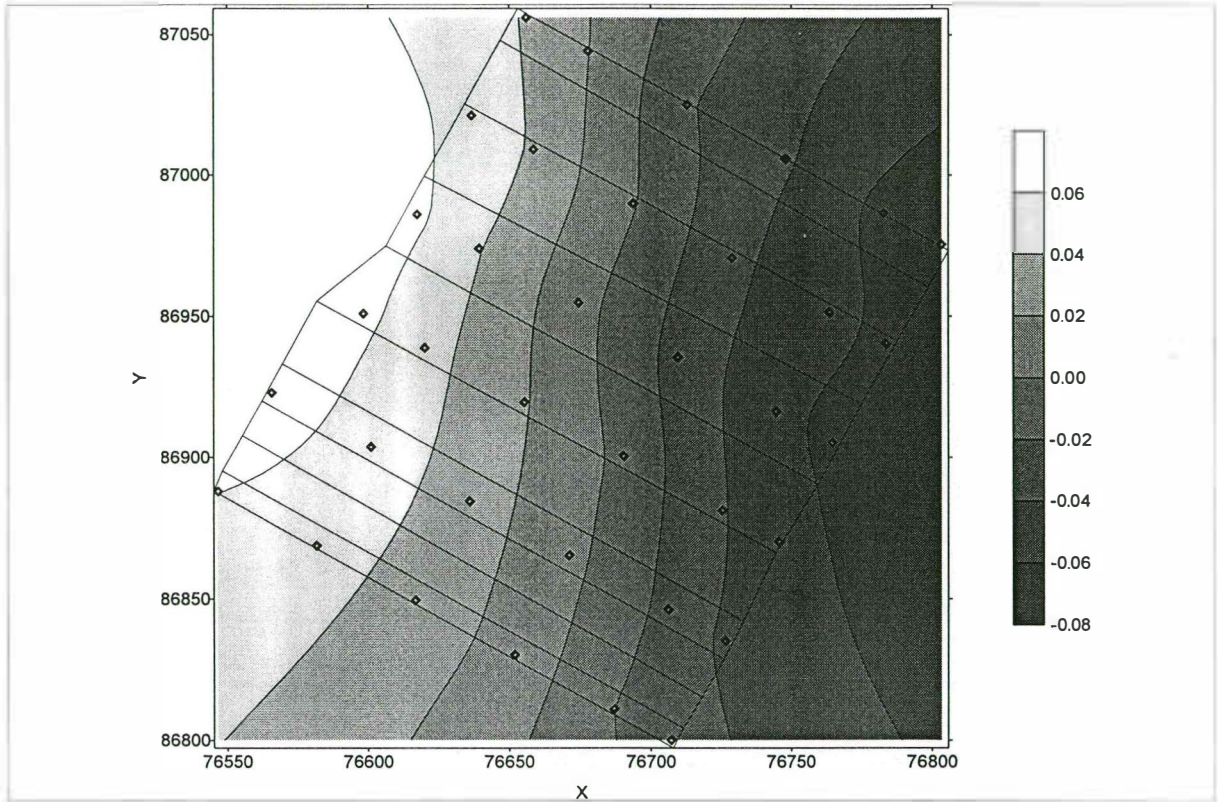


Figure 4.1.5. Topographie du secteur étudié de l'arroseur G5-2d

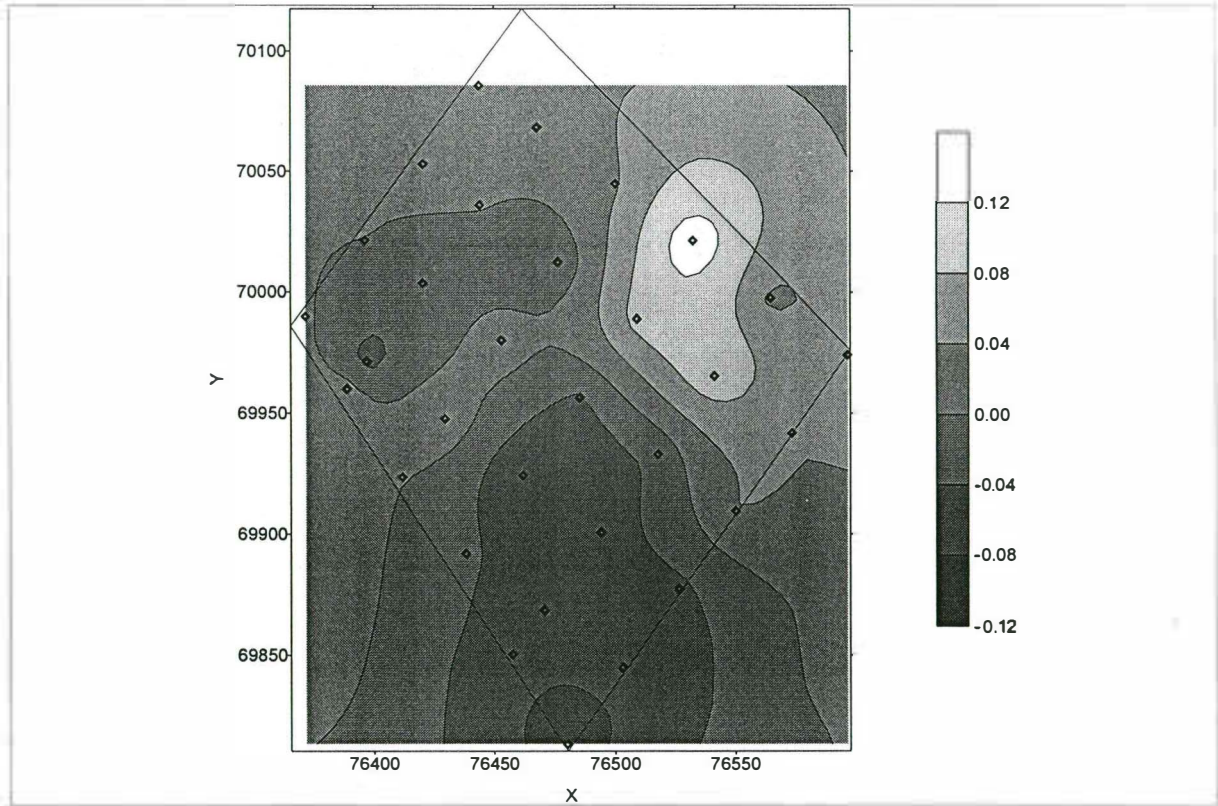


Figure 4.1.6. Topographie du secteur étudié de l'arroseur KL3-7d

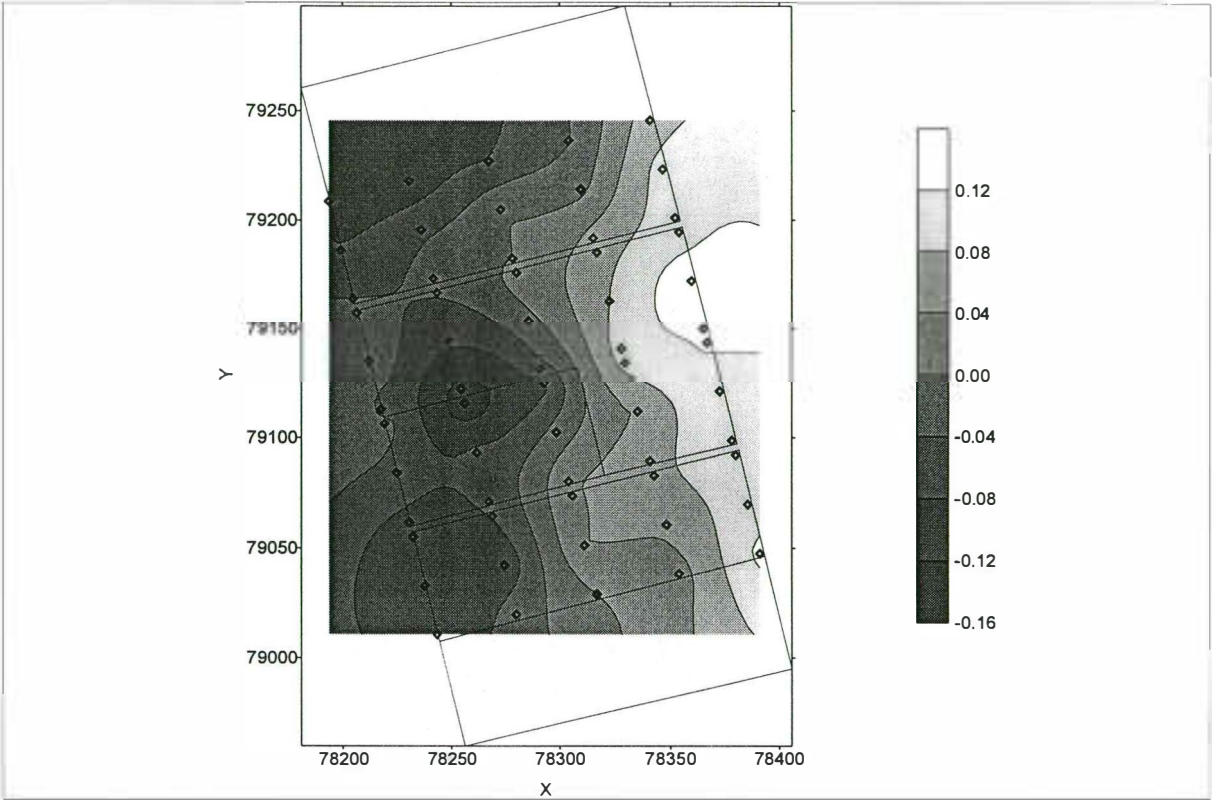


Figure 4.1.7. Topographie du secteur étudié de l'arroseur N1-2D-3g

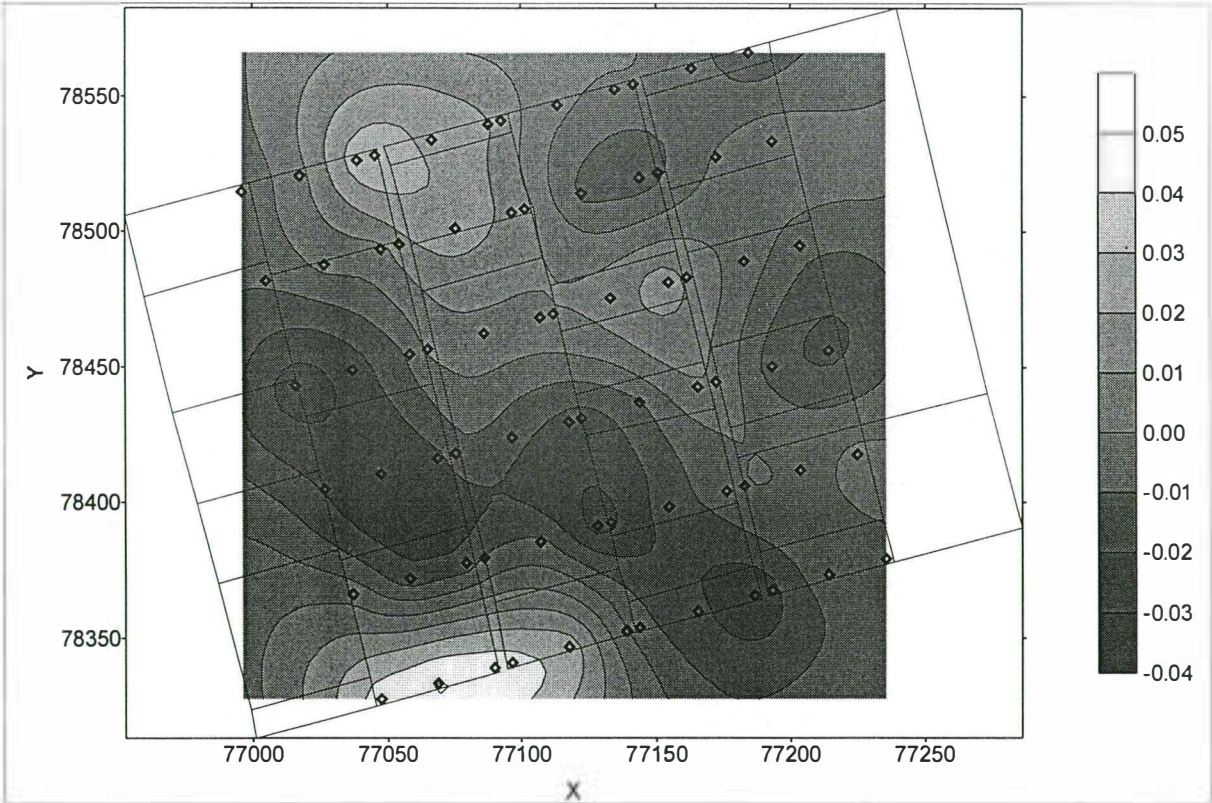


Figure 4.1.8. Topographie du secteur étudié de l'arroseur N1-2g

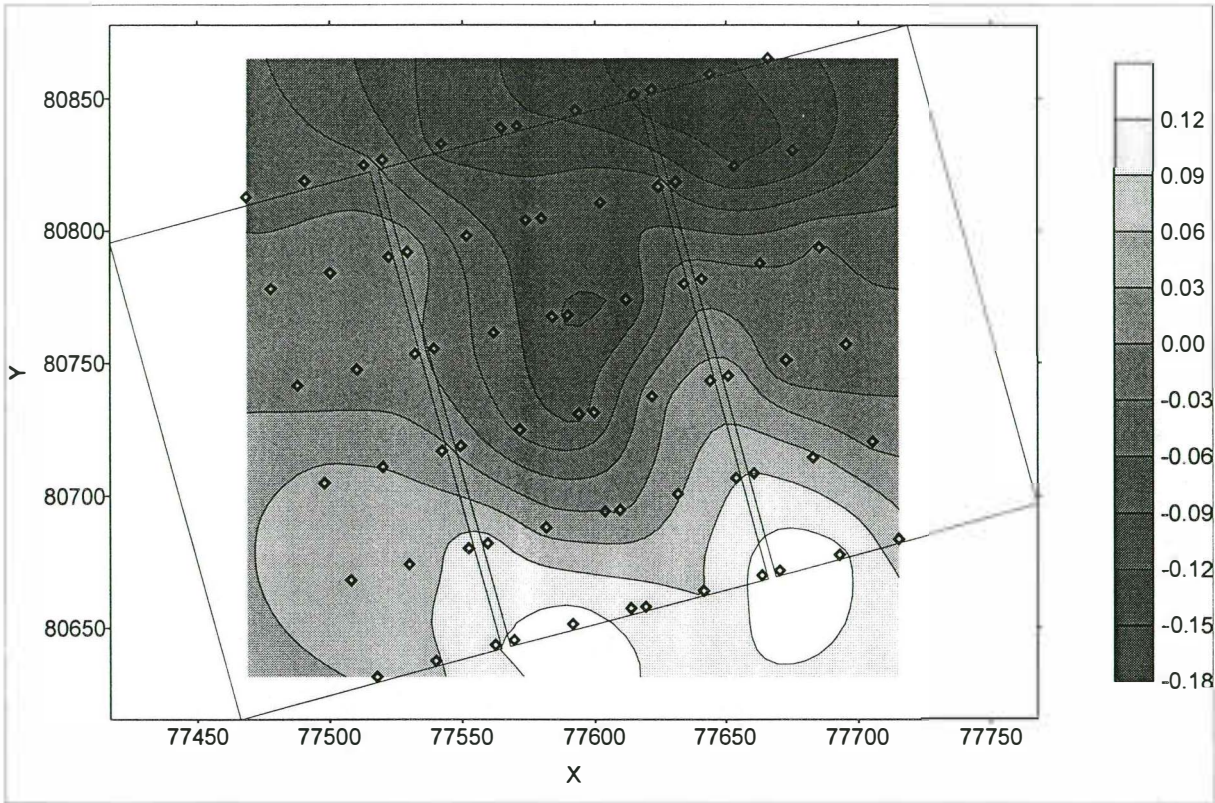


Figure 4.1.9. Topographie du secteur étudié de l'arroseur N1-8d

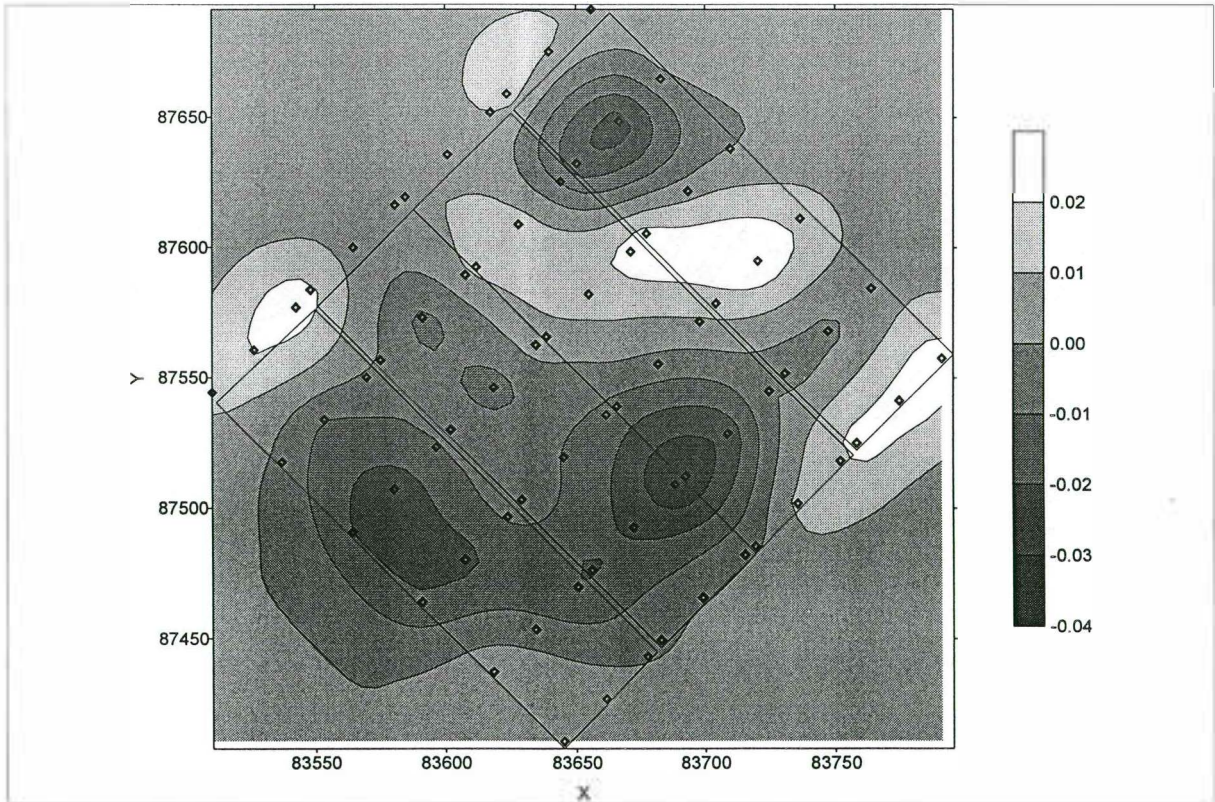


Figure 4.1.10. Topographie du secteur étudié de l'arroseur N9-7D-1g

4.2. Texture

La texture a été estimée par la mesure de la teneur en sables totaux (fraction de 50 μ m à 2 mm de diamètre).

On observe une grande variabilité de la teneur en sable qui varie de 3 à 80% en fonction des types de sol et de la profondeur considérés. La distribution de la texture est normale, légèrement dissymétrique vers le pôle sableux dans l'horizon de surface et vers le pôle argileux dans les horizons sous-jacents (fig 4.2.1). Les profils moyens de teneur en sables totaux (fig.4.2.2.) permettent de distinguer différents types de milieu:

- Cuvette très argileuse de type "Moursi" pour l'arroiseur G5-2d;
- Cuvette argileuse de type "Dian" pour l'arroiseur N1-8d;
- Cuvette limoneuse pour l'arroiseur N9-7D-1g;
- Delta d'épandage terminal: arroiseur N1-2g; et:
- Delta ou levée sableuse: arroiseurs N1-2D-3g et KL3-7d.

La teneur en sable diminue systématiquement de la surface vers la profondeur. Cette diminution est plus marquée sur les deltas d'épandage ou levées sableuses caractérisés par le dépôt de matériaux sableux sur des alluvions plus argileuses.

Bien que situés sur des unités morphopédologiques homogènes sur les cartes établies par Dabin (1951) et Keïta *et al.* (1991), les arroiseurs étudiés se caractérisent par une forte variance de la texture à l'exception de 2 arroiseurs situés sur des zones de cuvette, l'un sur des sols très argileux de type "Moursi" (G5-2d) et l'autre sur des sols de texture plus limoneuse (N9-7D-1g). Cette variance tend à augmenter sur les formations les plus sableuses et apparaît comme un indicateur pertinent du type de milieu considéré (fig. 4.2.3).

L'étude des modèles de variogramme à l'échelle de l'arroiseur confirme la forte variabilité de la teneur en sables totaux dans les horizons 20-30 cm et 120-130 cm (fig.4.2.4 et 4.2.5; tab. 4.2.1 et 4.2.2):

- La portée ne semble pas varier entre la surface et la profondeur et prend une valeur relativement courte de l'ordre de 100 mètres;
- La variance moyenne augmente sensiblement de la profondeur vers la surface;
- Le pallier du variogramme est supérieur (horizon 20-30 cm) ou égal (horizon 120-130 cm) à la variance moyenne de l'ensemble des échantillons. La variance à l'intérieur des secteurs étudiés (variance intra) est très supérieure à la variance entre les secteurs étudiés (variance inter);
- L'effet pépite doit vraisemblablement être attribué aux erreurs de mesure dont la variance moyenne s'élève à environ 40 (soit un écart type de l'ordre de 6.5%).

Les cartes de teneur en sables totaux ont été obtenues par krigeage en fonction des modèles de variogramme. Elles mettent en évidence:

- Des zones de cuvette homogènes, qu'elles soient composées d'alluvions très argileux (G5-2d, fig. 4.2.6) ou limoneux (N9-7D-1g, fig. 4.2.7);
- Dans les autres zones de cuvette (N1-8d, fig. 4.2.8) ou d'épandages terminaux (N1-2g, fig. 4.2.9), l'existence de filons plus sableux qui viennent s'intercaler au sein de matériaux à dominante argileuse; et:
- Dans les zones de levées: KL3-7d (fig.4.2.10) et N1-2D-3g (fig.4.2.11), l'hétérogénéité et l'épaisseur variable des dépôts sablo-limoneux qui recouvrent les matériaux argileux sous-jacents.

Ces résultats sont globalement conformes aux conclusions de l'étude morphopédologique du Kala inférieur (Keita *et al.*, 1991) décrivant le milieu comme de vastes cuvettes d'origine deltaïque (principalement le long de l'axe du Fala de Molodo), recouvertes de façon irrégulière par des épandages et des dépôts sableux à limoneux. Cependant les modalités complexes de mise en place de ces matériaux conduisent à l'existence d'une forte variabilité de plus courte distance dont ne peuvent rendre compte les cartes des sols de l'office du Niger. Cette variabilité est susceptible d'influencer le fonctionnement hydrologique des sols et en conséquence la distribution des sels sous l'influence de l'irrigation.

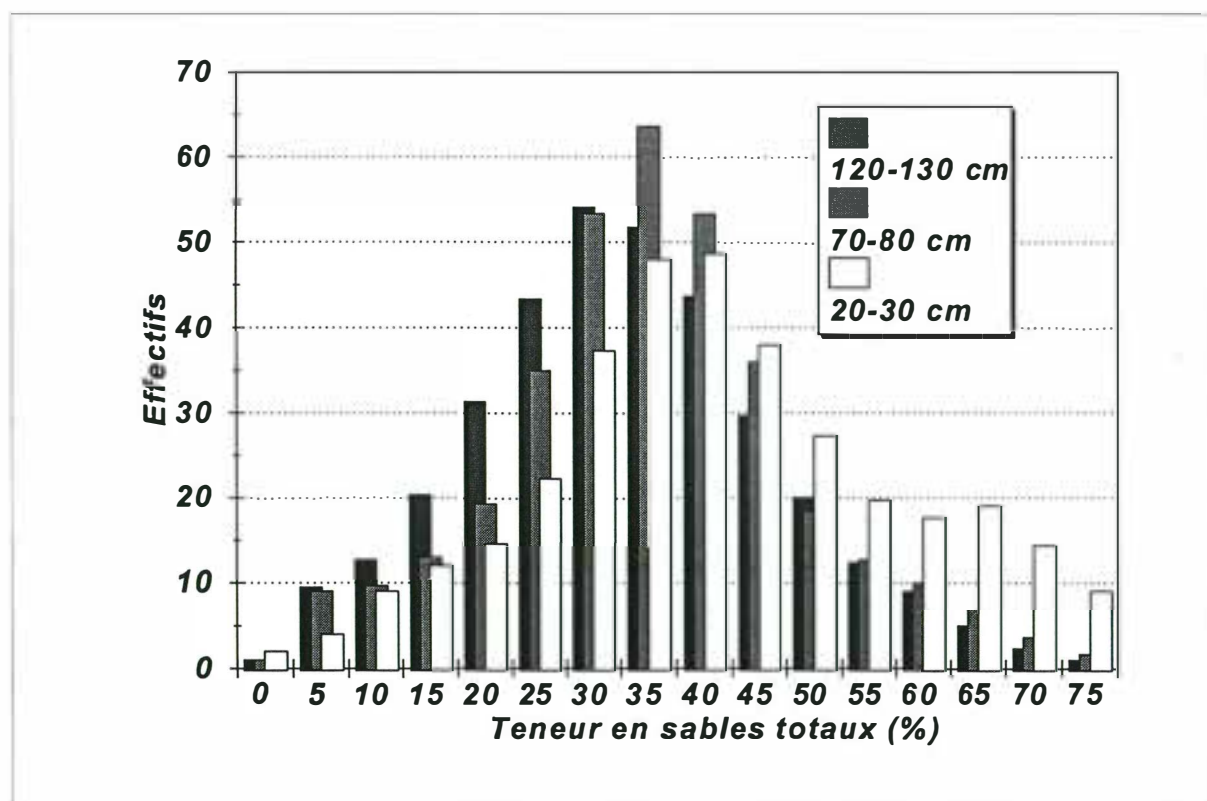


Figure 4.2.1: Histogramme des teneurs en sables totaux

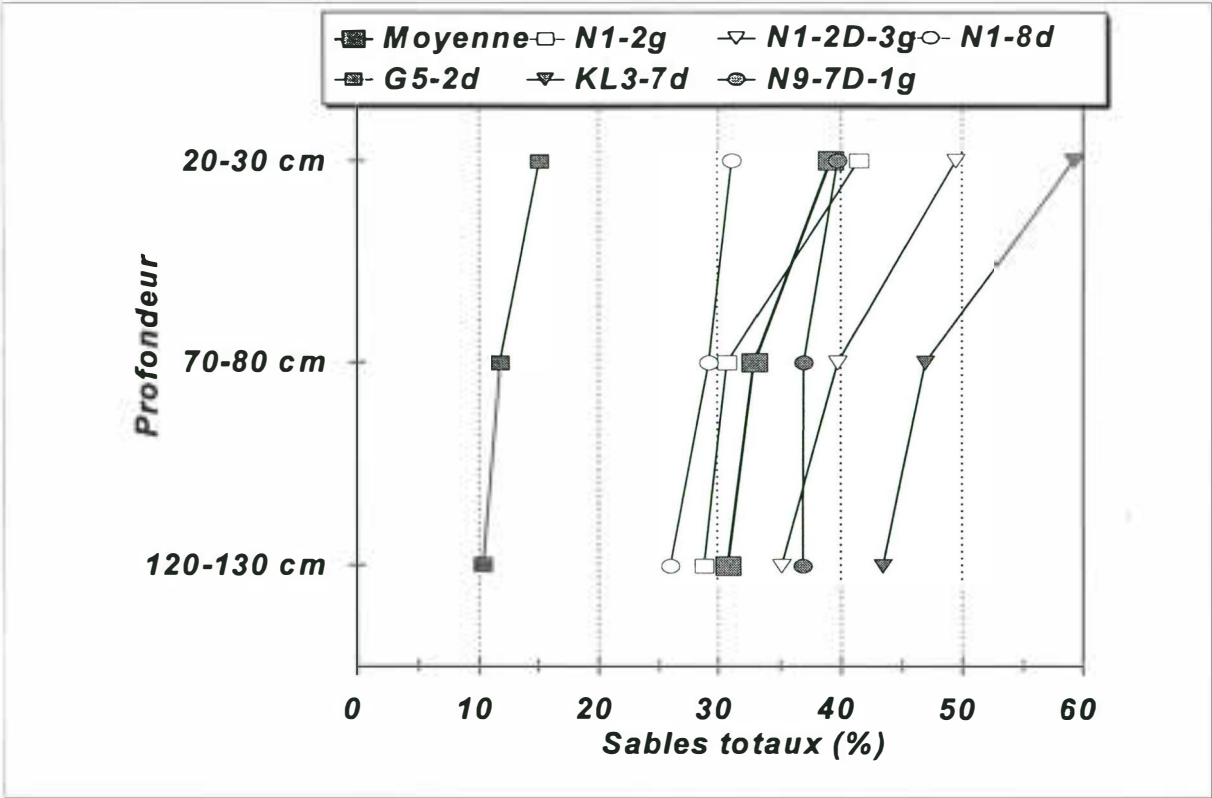


Figure 4.2.2: Profil moyen de teneur en sables totaux

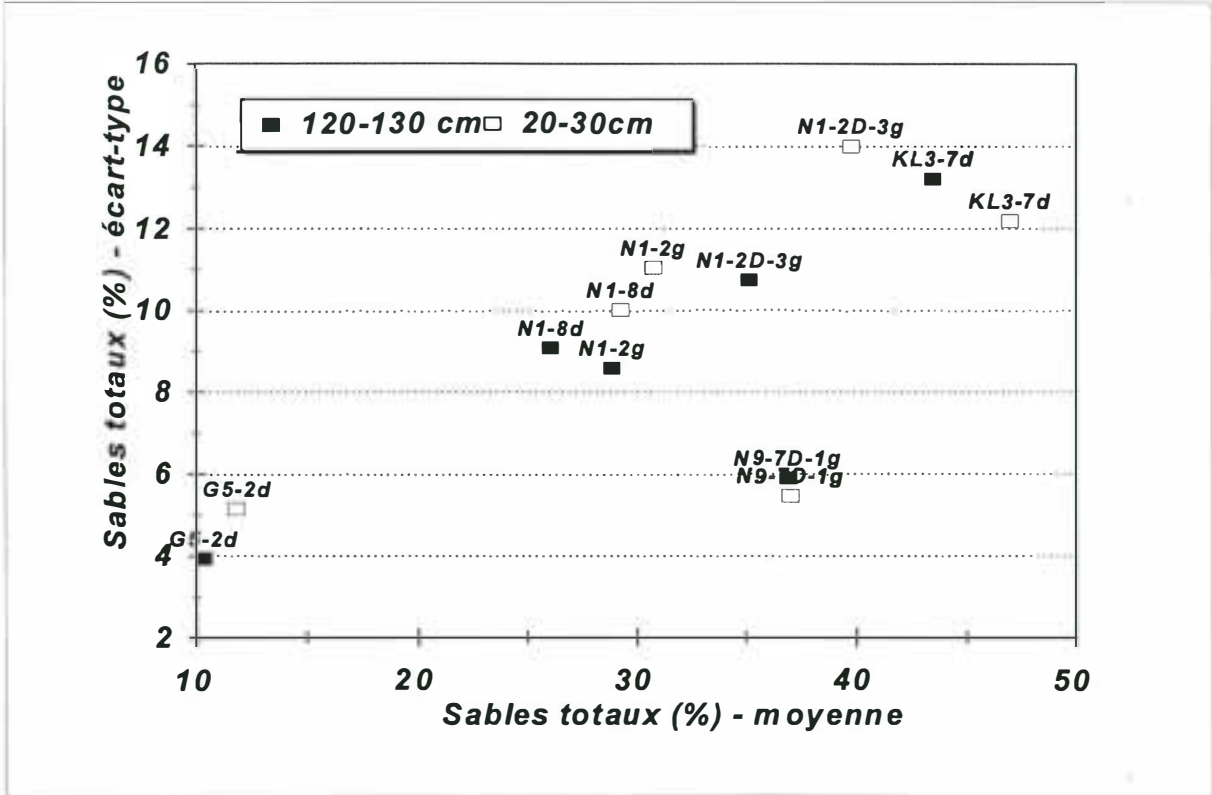


Figure 4.2.3: Sables totaux: relation entre la moyenne et l'écart-type

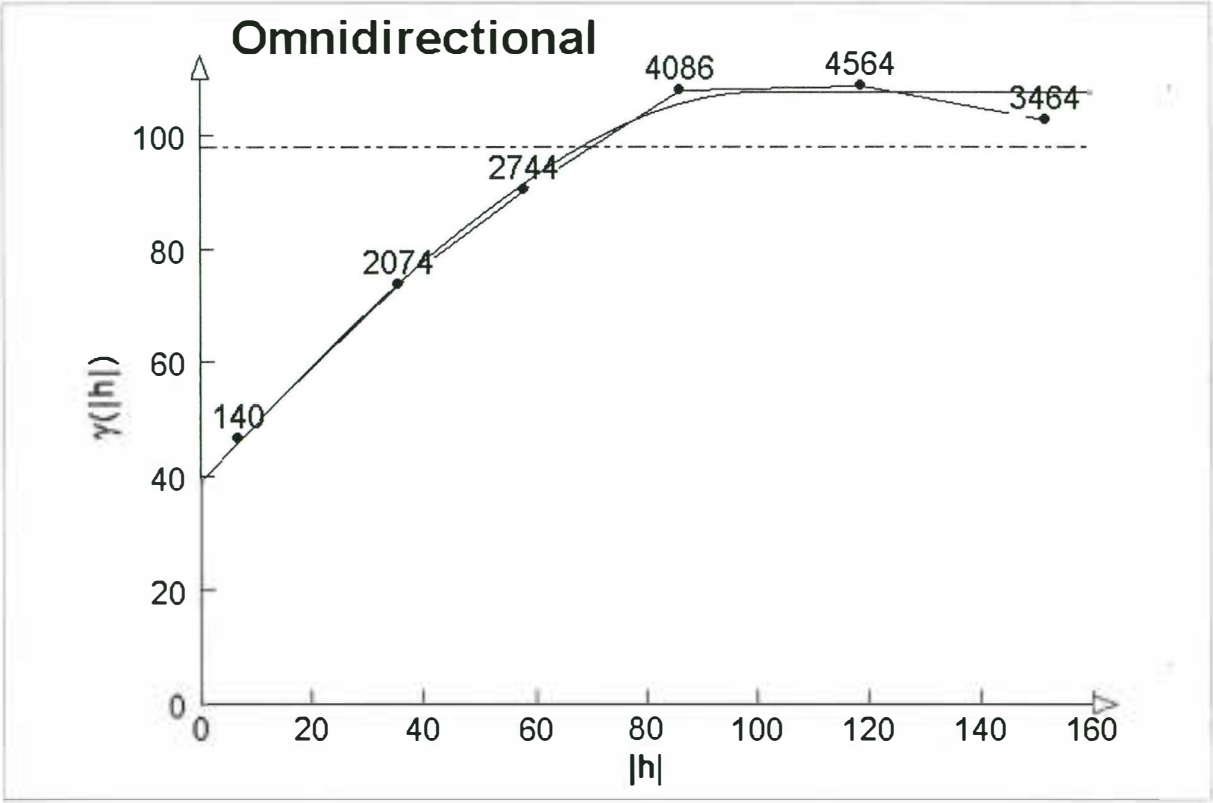


Figure 4.2.4: Modèle de variogramme de la teneur en sables totaux dans l'horizon 20-30 cm

Tableau 4.2.1: Modèles de variogramme de la teneur en sables totaux dans l'horizon 20-30 à l'échelle de l'arroseur et dans l'horizon 0-10 cm à l'échelle du kala inférieur (d'après données de Keïta, 1996)

Arroseurs	Variance Moyenne	Modèle de variogramme			Remarques
		Pépite	Pallier	Portée	
Tous	98.0	39.2	107.8	101	Résidus linéaires
N1-2g	118	13.2	125.2	126	Données brutes
KL3-7d	149	21	linéaire: $\alpha=1.136$		Résidus linéaires
G5-2d	26.6	2.7	29.7	65	Données brutes
N1-8d	102.5	40.7	106.7	36	Données brutes
N1-2D-3g	210	31.5	241	108	Données brutes
N9-7D-1g	25.6	16.6	27.8	139	Résidus linéaires
Kala inf.	276	pépitique			Données brutes

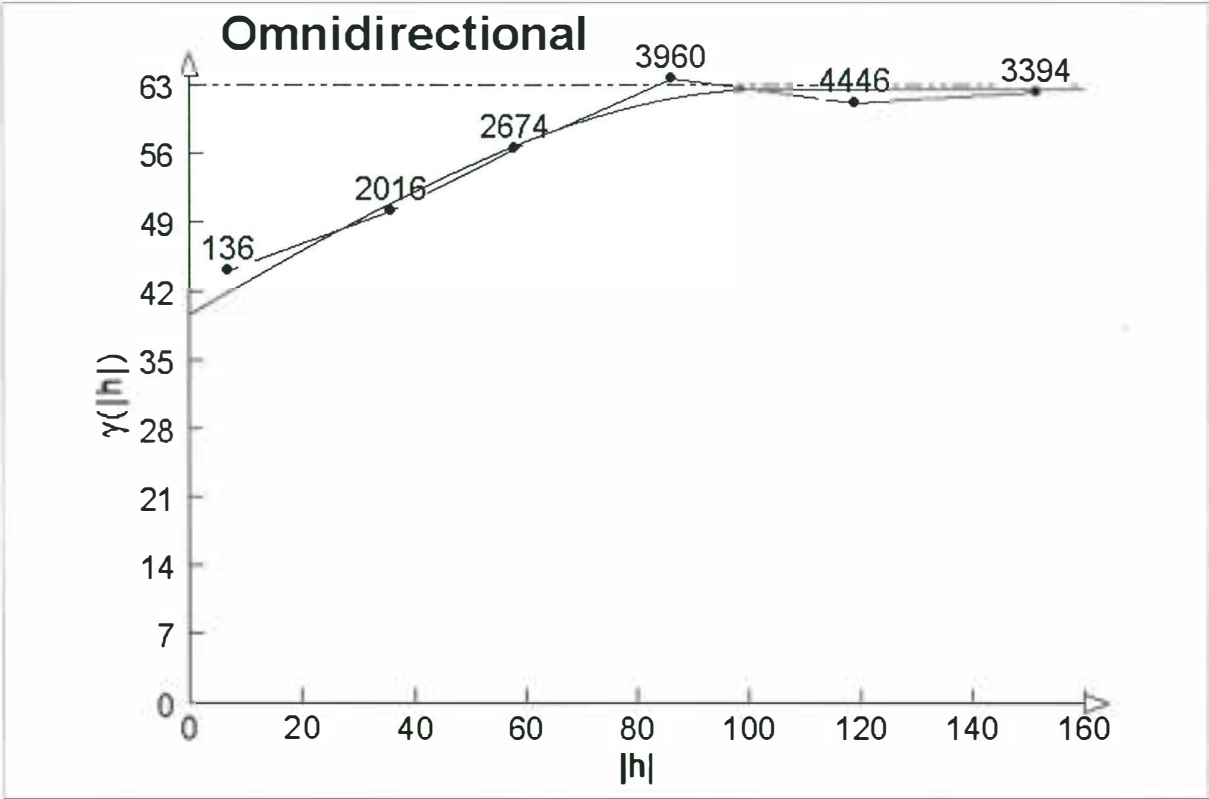


Figure 4.2.5: Modèle de variogramme moyen de la teneur en sables totaux dans l'horizon 120-130 cm à l'échelle de l'arroseur

Tableau 4.2.2: Modèle de variogramme de la teneur en sables totaux dans l'horizon 120-130 cm à l'échelle de l'arroseur et dans l'horizon 50-100 cm à l'échelle du kala inférieur (d'après données de Keïta, 1996)

Arroseurs	Variance Moyenne	Modèle de variogramme			Remarques
		Pépité	Pallier	Portée	
Tous	63.0	39.7	62.7	104	Résidus linéaires
N1-2g	69.6	24.5	79.1	164	Résidus linéaires
KL3-7d	175	102.6	Linéaire: $\alpha=0.702$		Données brutes
G5-2d	15.6	1	17	75	Données brutes
N1-8d	75.1	19.8	74.5	36	Données brutes
N1-2D-3g	152	16	162	77	Données brutes
N9-7D-1g	25.6	12.7	26.2	53	Résidus linéaires
Kala inf.	155	91	147	2138	Données brutes

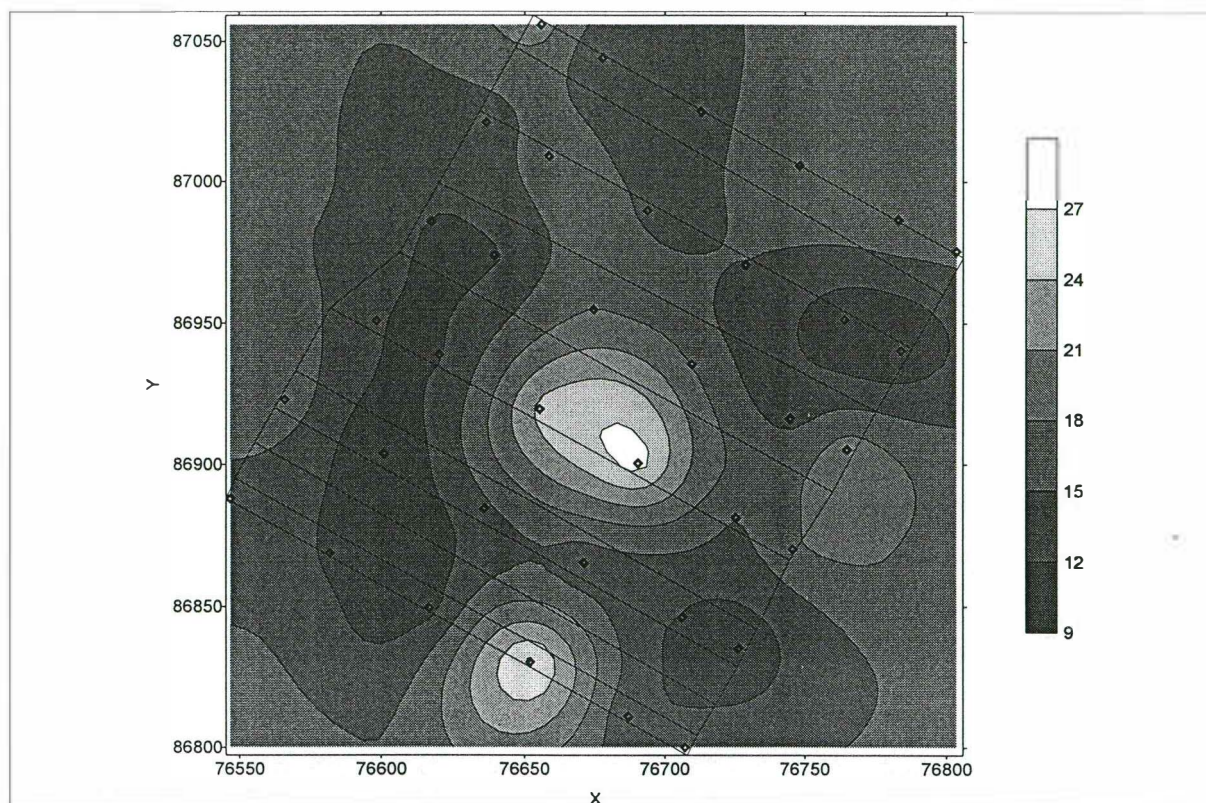


Figure 4.2.6. Texture (sables totaux, horizon 20-30 cm) du secteur étudié de l'arroseur G5-2d

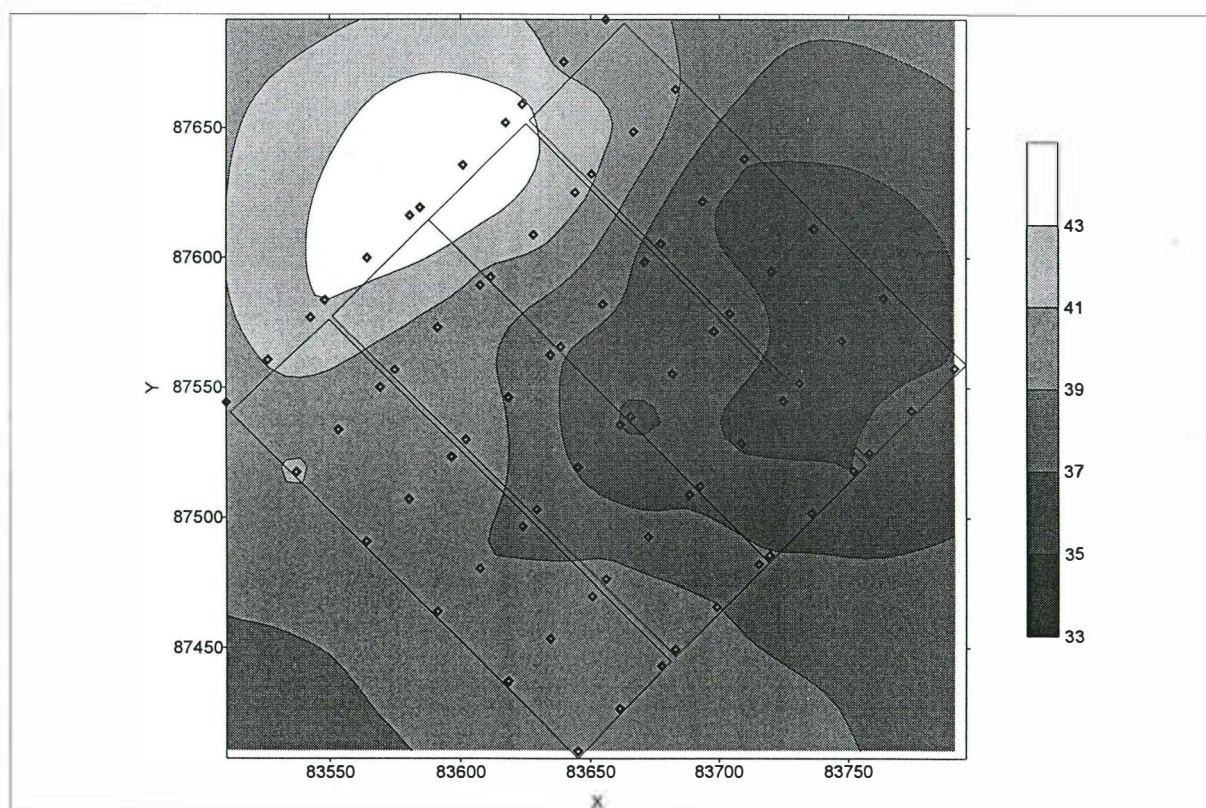


Figure 4.2.7. Texture (sables totaux, horizon 20-30 cm) du secteur étudié de l'arroseur N9-7D-1g

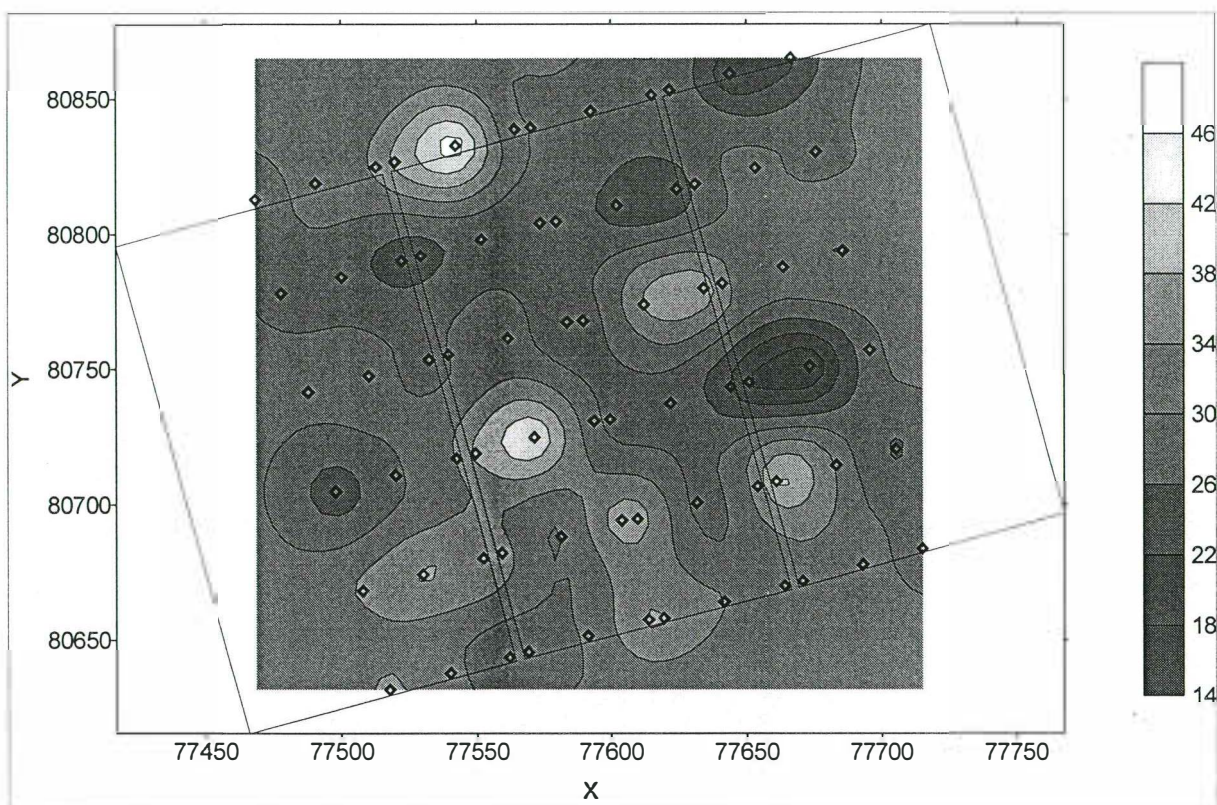


Figure 4.2.8. Texture (Sables totaux, horizon 20-30 cm) du secteur étudié de l'arroseur N1-8d

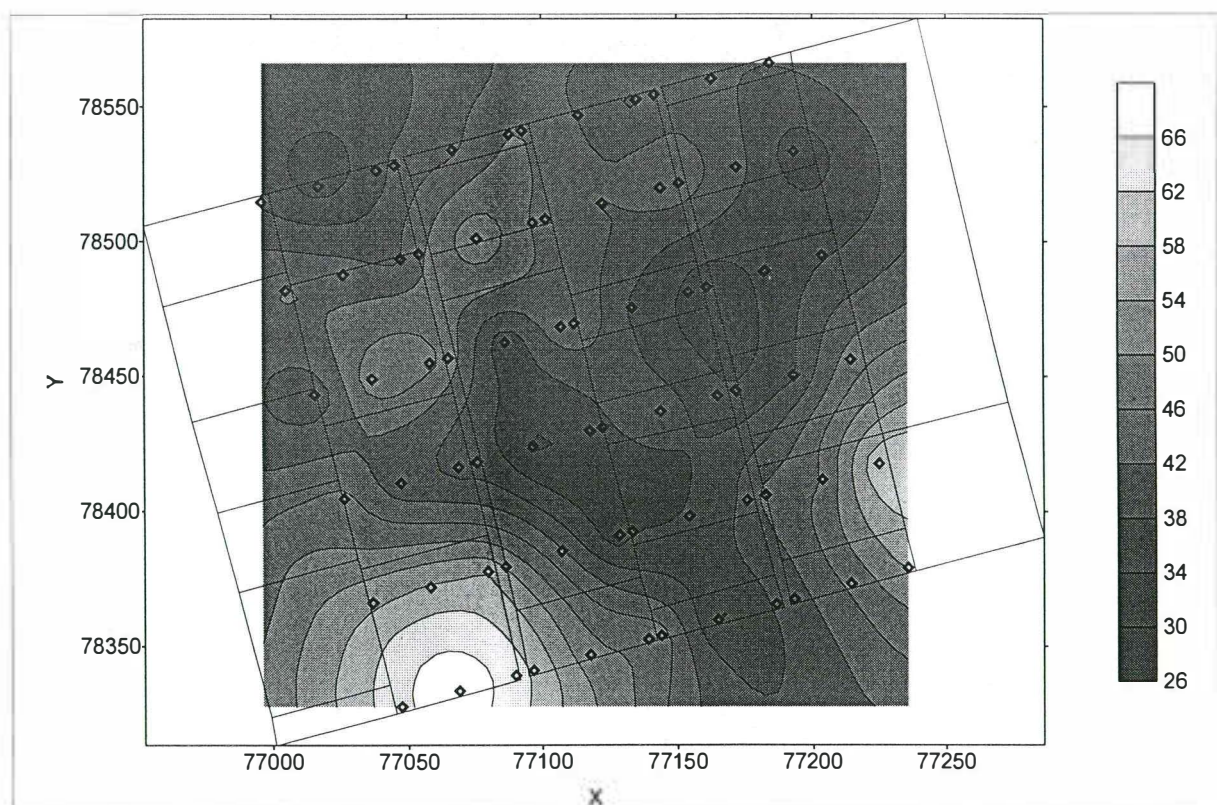


Figure 4.2.9. Texture (Sables totaux, horizon 20-30 cm) du secteur étudié de l'arroseur N1-2g

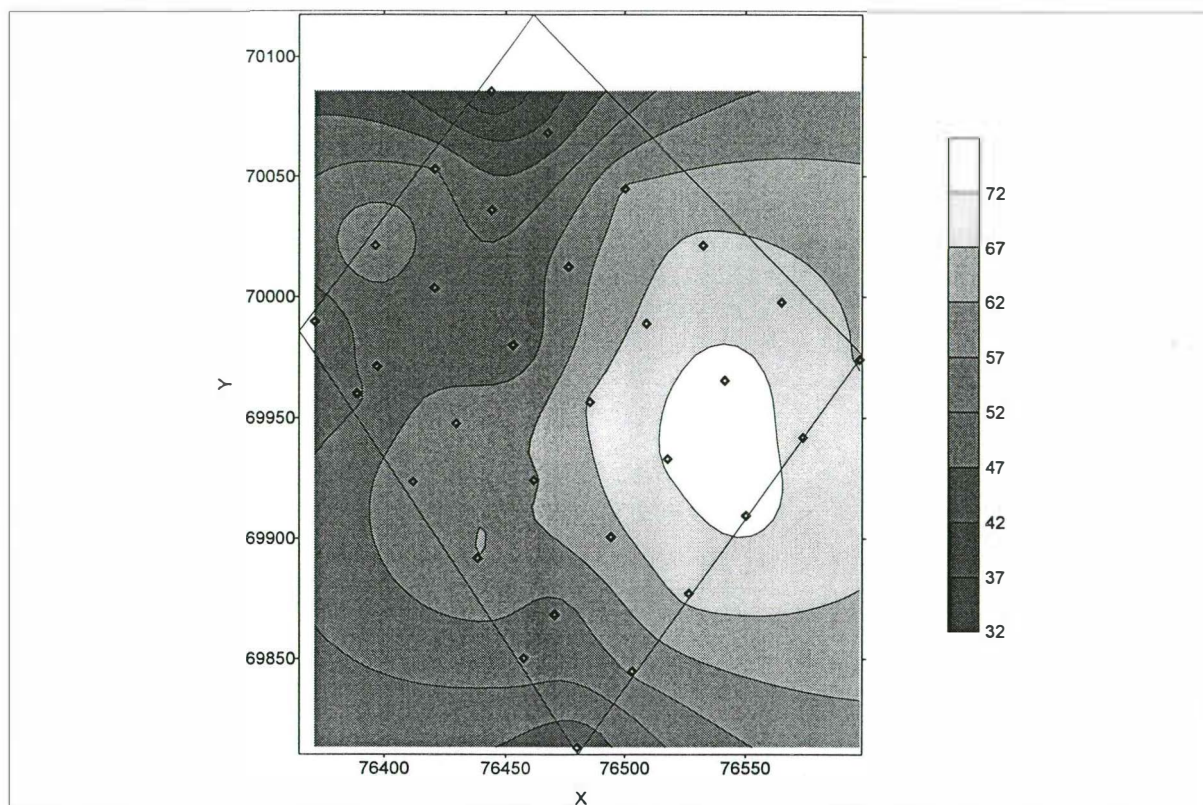


Figure 4.2.10. Texture (sables totaux, horizon 20-30 cm) du secteur étudié de l'arroseur KL3-7d

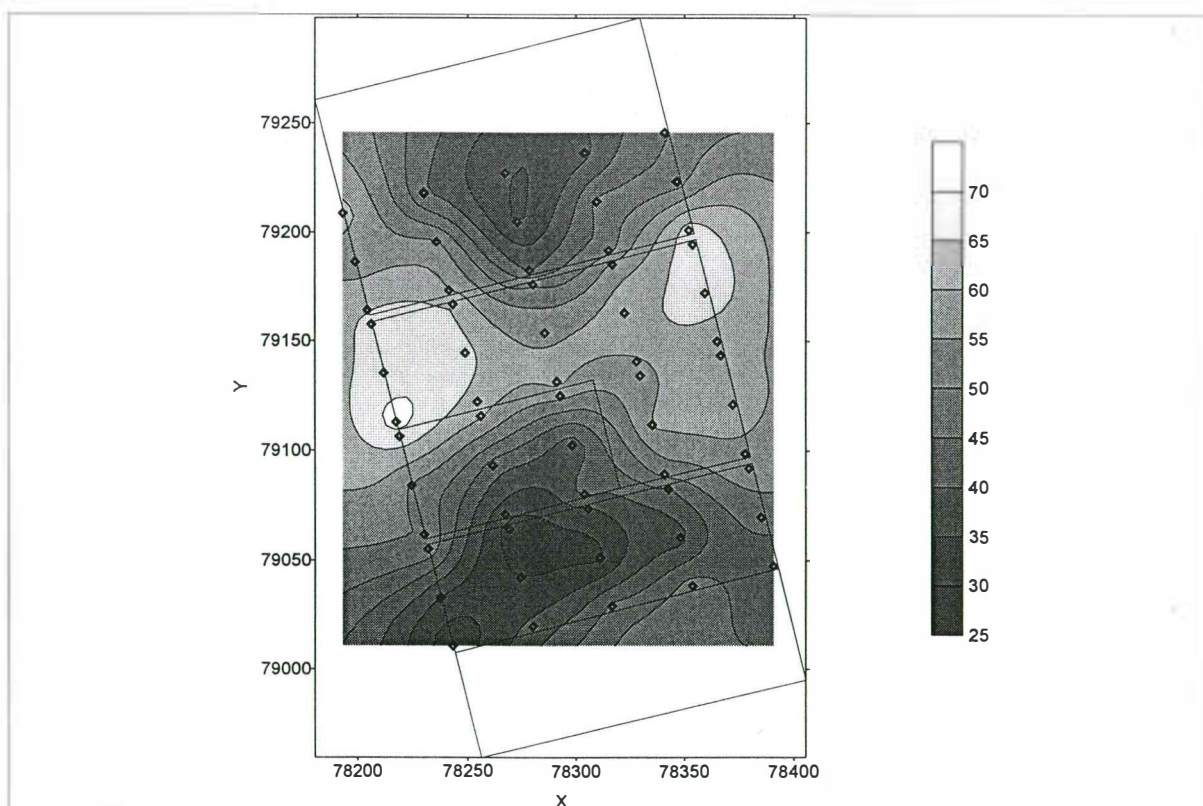


Figure 4.2.11. Texture (sables totaux, horizon 20-30 cm) du secteur étudié de l'arroseur NI-2D-3g

4.3. Conductivité électromagnétique

La facilité d'utilisation du conductimètre électromagnétique nous a permis de cartographier des superficies plus importantes tout en maintenant une forte densité de points de mesure:

- Un point tous les 20 mètres sur l'ensemble des arroseurs N4-1g et N9-8D-1d;
- Un point tous les 12.5 mètres sur le secteur étudié de l'arroseur N1-2D-3g. La conductivité électrique a été mesurée conjointement dans les horizons 0-10 cm et 20-30 cm, à raison d'un prélèvement tous les 25 mètres.

Les mesures ont été systématiquement réalisées de part et d'autre des rigoles d'arroseur ou des diguettes principales séparant les parcelles irriguées par des rigoles différentes.

La conductivité électromagnétique en mesure verticale varie de 10 à 100 mS/m environ. Les valeurs en mesure horizontale sont inférieures à celles en mesure verticale; elles sont très étroitement corrélées. La distribution de la conductivité électromagnétique est normale. Les valeurs mesurées sont proches de la conductivité électrique d'extraits de pâte saturée d'échantillons de sol prélevés dans l'horizon 20-30 cm; cependant la corrélation n'est pas très élevée et certains écarts importants sont observés notamment sur les sols les plus salés (fig. 4.3.10.). Ainsi, la conductivité électromagnétique apparaît liée non seulement à la salinité du milieu mais aussi à d'autres facteurs comme la nature des matériaux, la teneur en eau, la profondeur de la nappe,...

L'étude des variogrammes réalisés sur les arroseurs N4-1g (fig. 4.3.1. et 4.3.2.) et N9-8D-1d (fig. 4.3.4. et 4.3.5.) nous ont permis de mettre en évidence une anisotropie entre les directions parallèles et perpendiculaires aux rigoles d'arroseur, caractérisée par une augmentation de la variance de l'origine du variogramme jusqu'à une distance maximale de 100 mètres dans le sens perpendiculaire aux rigoles d'arroseur. Deux raisons pourraient expliquer cette observation: une gestion indépendante de l'irrigation et du drainage entre parcelles dépendantes de rigoles d'arroseur différentes; ou l'influence du planage réalisé en touches de piano dans la direction parallèle aux rigoles d'arroseur. Cette anisotropie s'accompagne d'une diminution du pallier et de la portée dans la direction parallèle aux rigoles d'arroseur, ne correspondant il est vrai qu'à des distances plus courtes que la direction perpendiculaire aux rigoles.

L'étude du variogramme réalisé sur l'arroseur N1-2D-3g (fig.4.3.7) met en évidence deux niveaux de structure spatiale emboîtés. La première a une portée de l'ordre de 40 mètres; elle correspond à la taille des bassins d'irrigation dont la plus grande longueur est de 50 mètres. Le second apparaît non borné à cette échelle d'observation. Rappelons que la portée du variogramme de l'arroseur N1-4g est proche de 250 mètres, ce qui correspond à la portée du variogramme concernant la topographie.

Les cartes ont été réalisées par krigeage à partir des modèles de variogrammes obtenus (fig. 4.3.3., fig. 4.3.6. et fig. 4.3.9.).

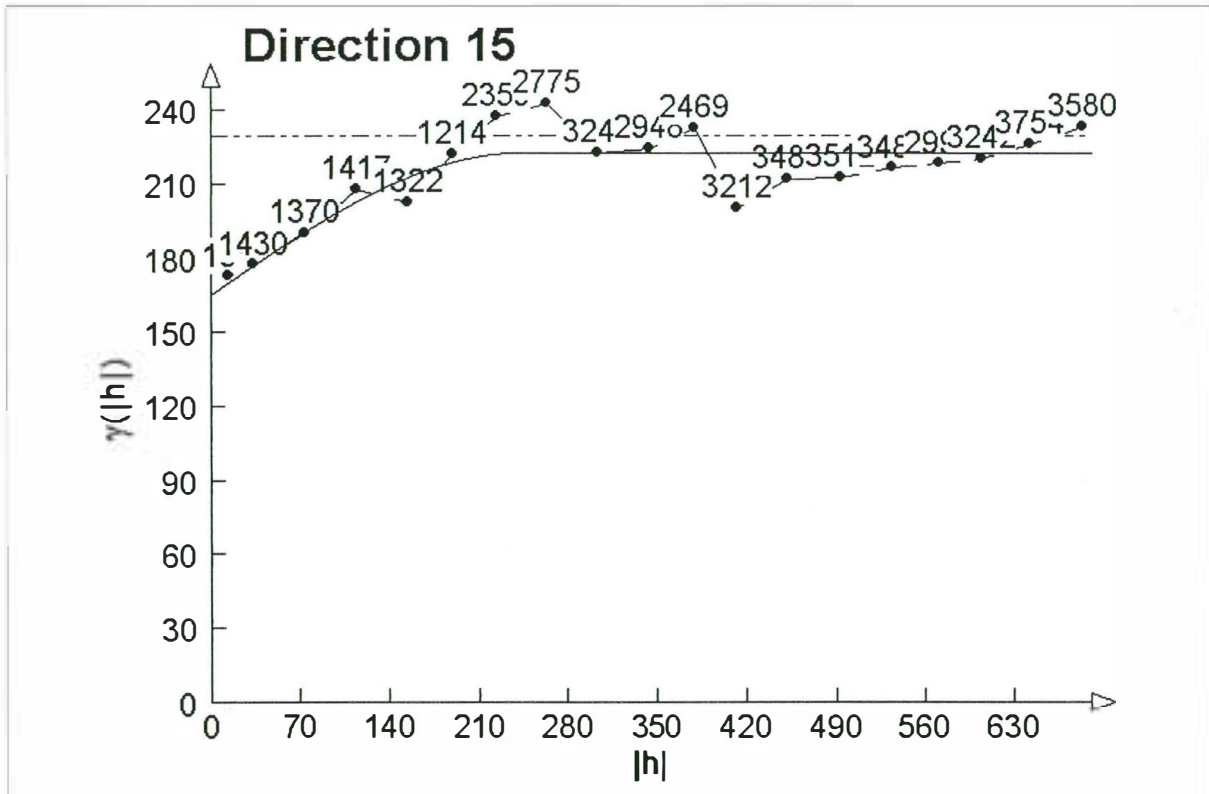


Figure 4.3.1. Variogramme de la CEM dans la direction perpendiculaire aux rigoles d'arroseur: arroseur N4-1g

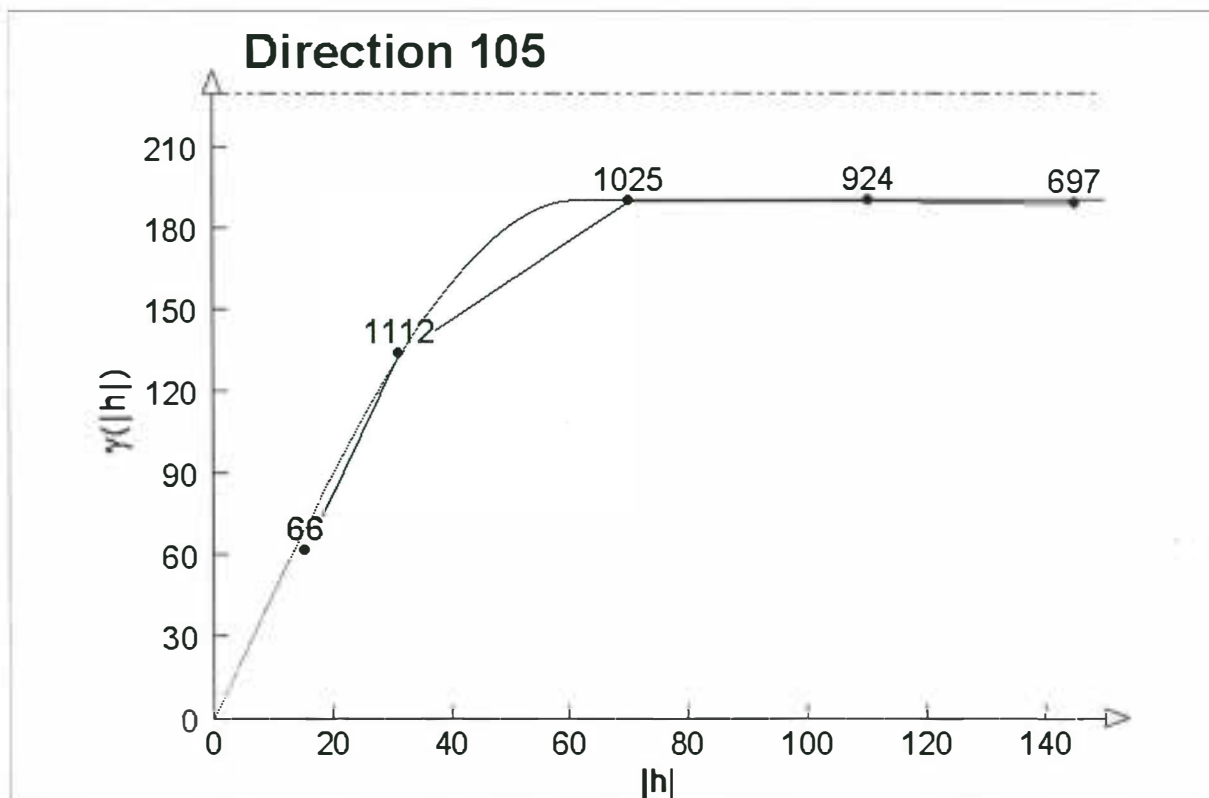


Figure 4.3.2. Variogramme de la CEM dans la direction parallèle aux rigoles d'arroseur: arroseur N4-1g

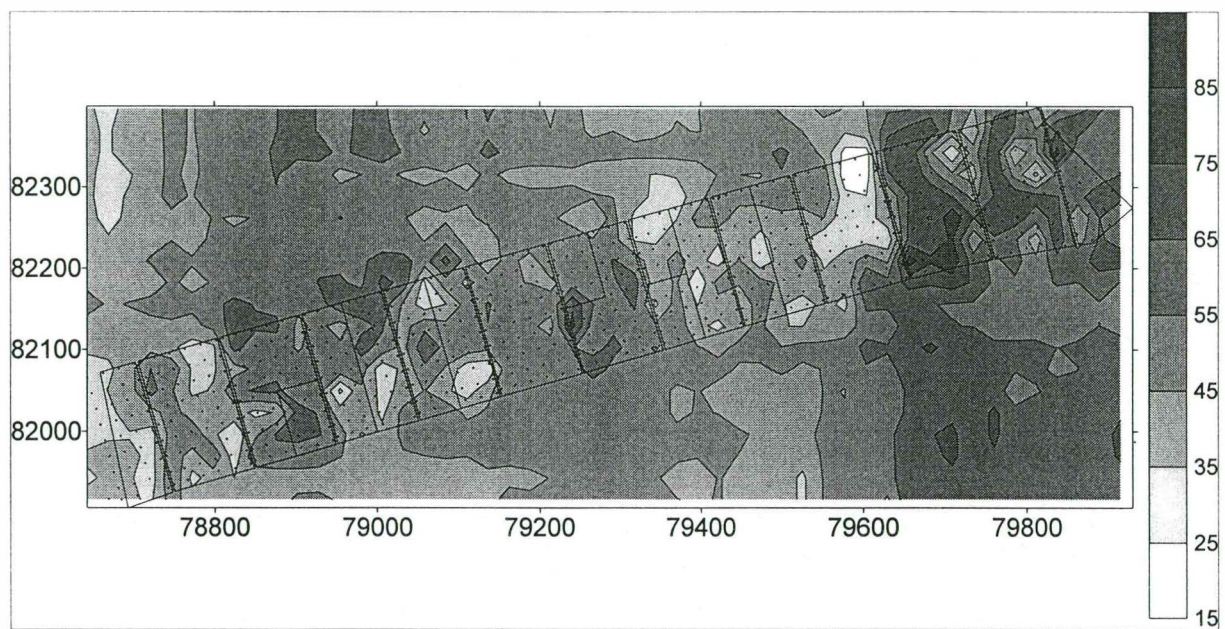


Figure 4.3.3. CEM (mesure verticale mS/m) de l'arroiseur N4-1g

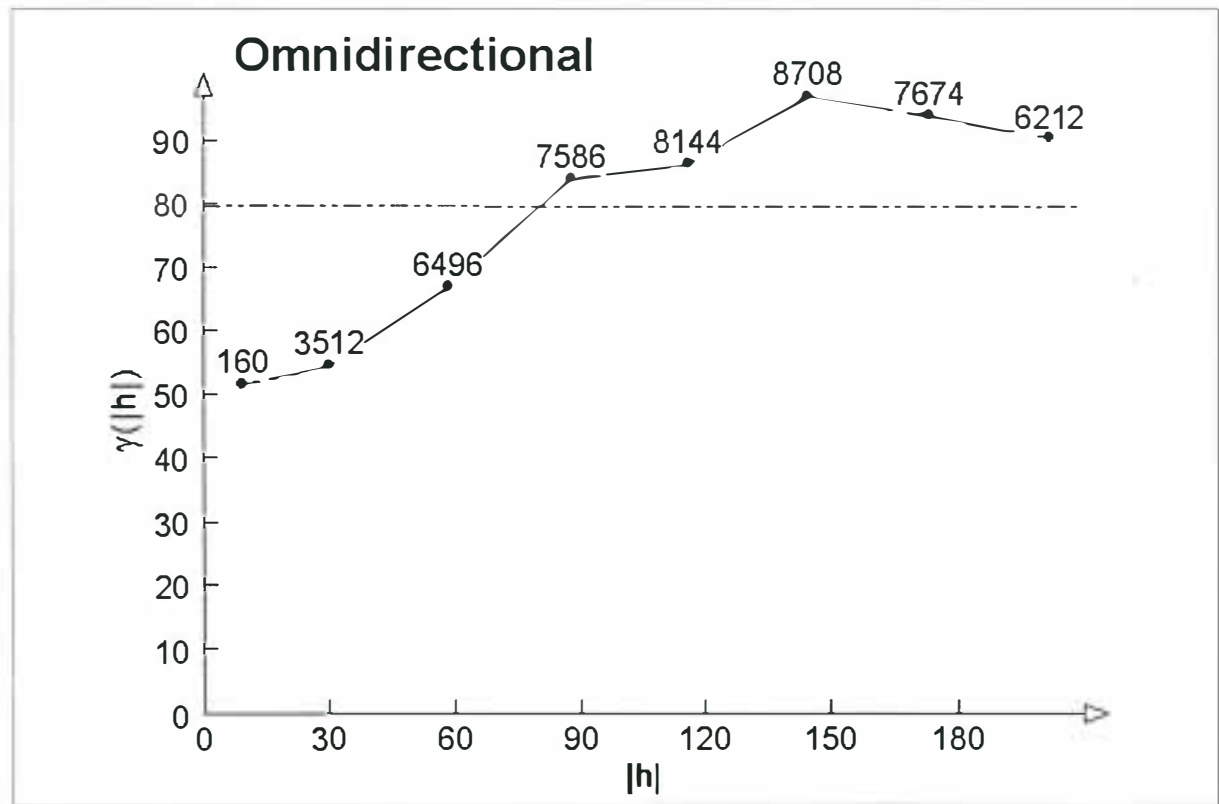


Figure 4.3.4. Variogramme de la CEM: arroiseur N9-8D_1d

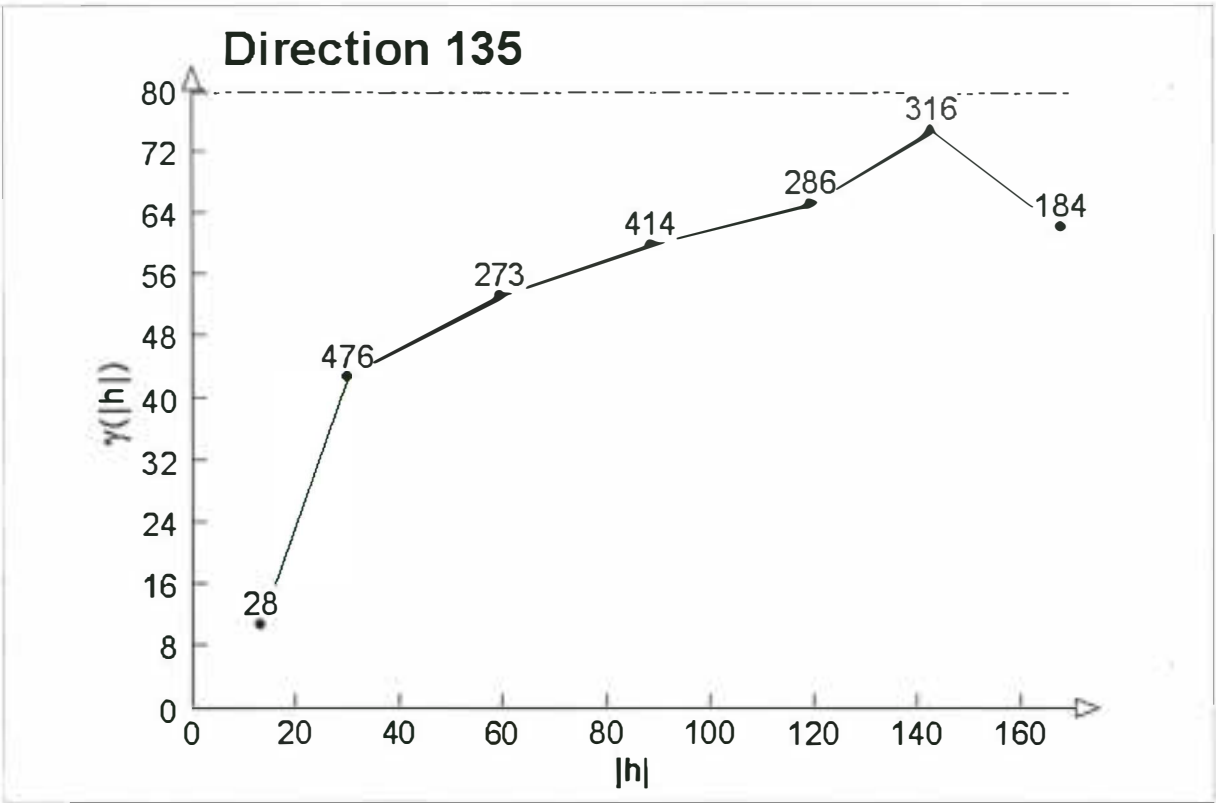


Figure 4.3.5. Variogramme de la CEM dans la direction parallèle aux rigoles d'arroseur: arroseur N9-8D-1d

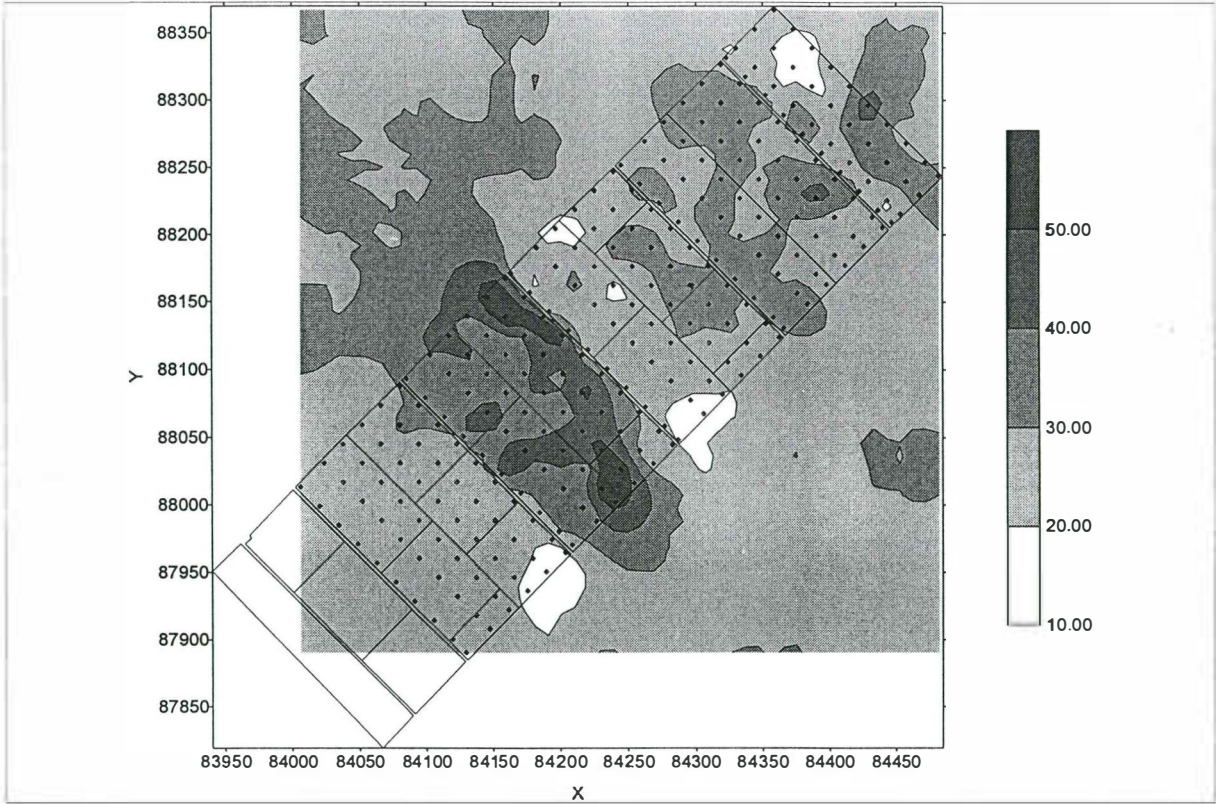


Figure 4.3.6. CEM (mS/m) de l'arroseur N9-8D-1d

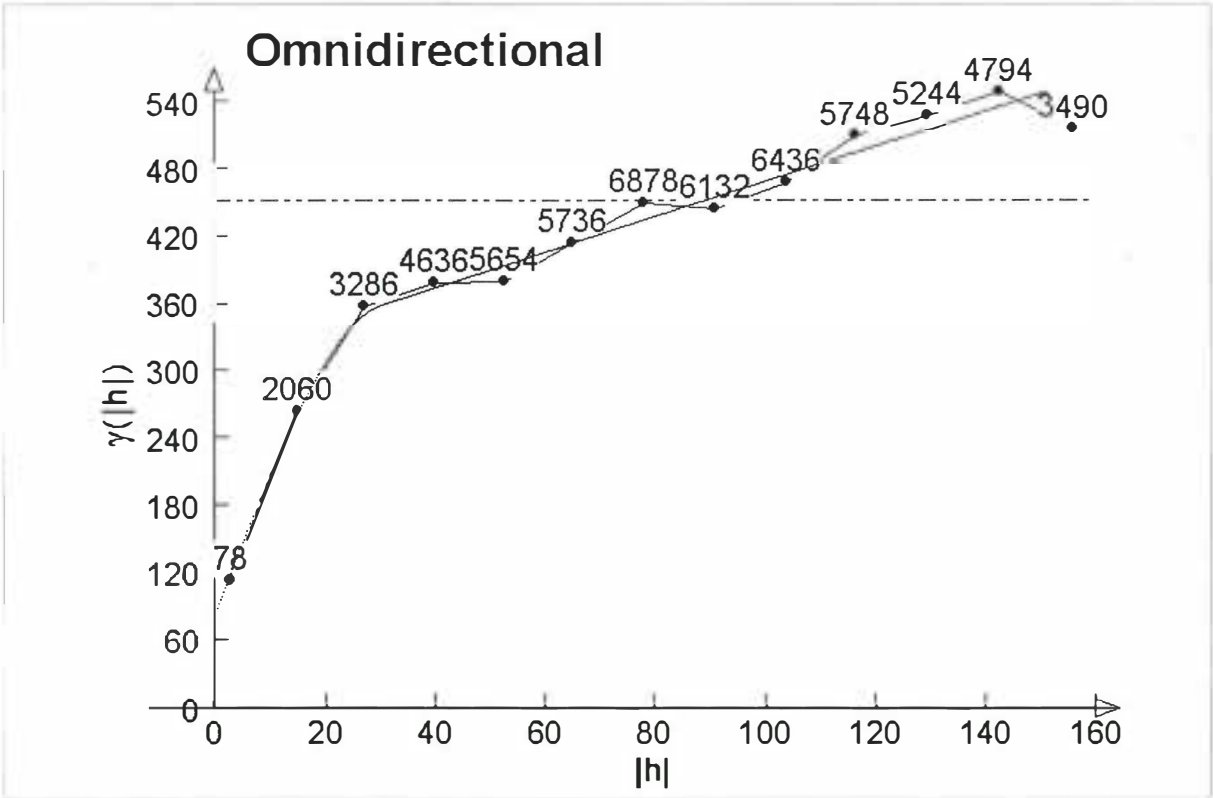


Figure 4.3.7. Variogramme de la CEM: arroseur N1-2D-3g

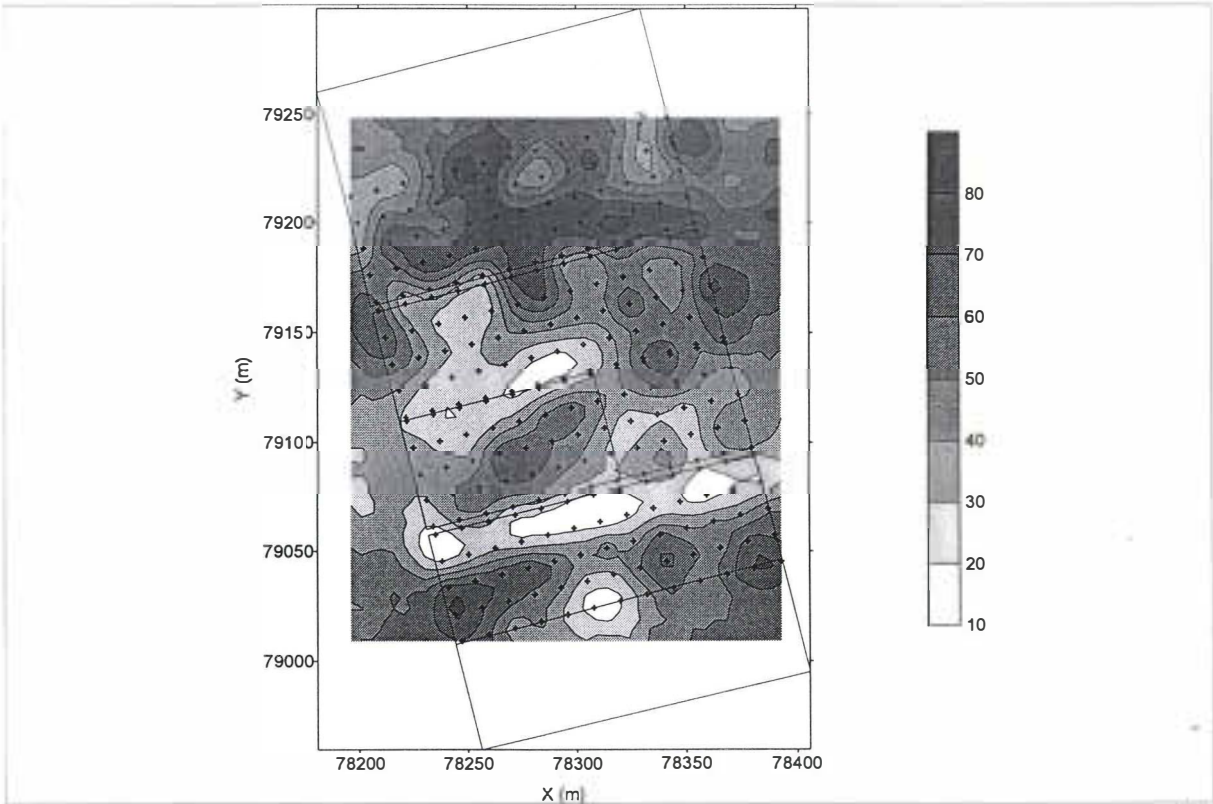


Figure 4.3.8. CEM (mS/m) de l'arroseur N1-2D-3g

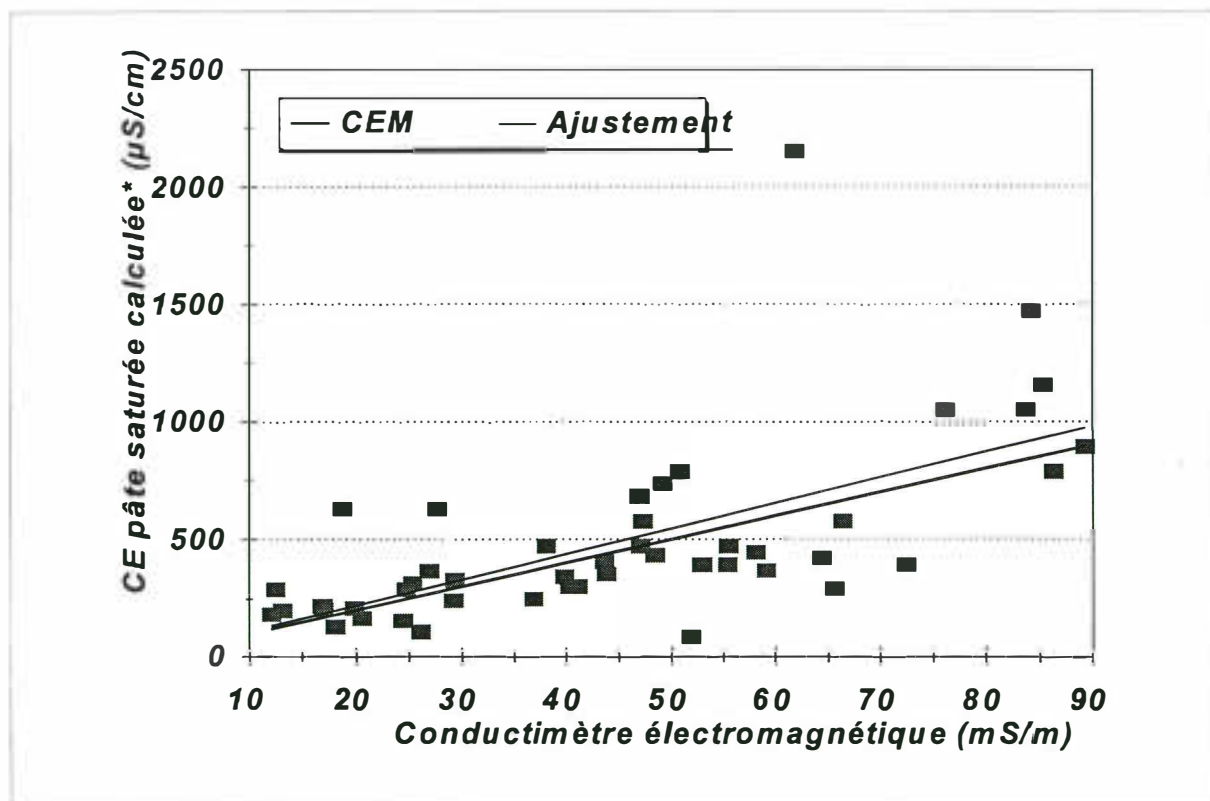


Figure 4.3.9. Relation entre la conductivité électromagnétique et la conductivité électrique d'un extrait de pâte saturée (calculée à partir de le CE d'un extrait 1:2.5 sur la base d'un rapport de 0.4) dans l'horizon 20-30 cm

4.4. Conductivité électrique

La conductivité électrique a été mesurée sur des suspensions de sol diluées à 1:2.5 après 2 heures d'agitation, puis un délai de 24 heures. Sur les sols de l'Office du Niger, nous avons obtenu un coefficient correcteur moyen de 0.40 reliant la conductivité électrique d'un extrait de pâte saturée à celle de la suspension de 1:2.5 (cf. §3.1).

Les sols ne sont généralement pas salés (CE supérieure à 800 $\mu\text{S}/\text{m}$ équivalente à une CE de 2 dS/m sur pâte saturée): 1.5%, 2.0% et 2.6% dans les horizons 20-30, 70-80 et 120-130 cm. Une proportion limitée peut être considérée comme modérément salée (CE supérieure à 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ équivalente à une CE de 1 dS/m sur pâte saturée): 10.8%, 11.1% et 13.1% dans les horizons 20-30, 70-80 et 120-130 cm.

La distribution de la conductivité électrique est fortement log-normale (fig. 4.3.1). Ce phénomène peut être rapproché du fait que la concentration des sels est la résultante de phénomènes de transferts dont on admet généralement une telle distribution. En conséquence, le logarithme de la conductivité électrique sera considéré dans la suite des analyses. Sa distribution est normale, monomodale et légèrement dissymétrique vers les valeurs levées (fig. 4.3.2). Les profils médians de conductivité électrique montrent que les sols ne sont pas salés (fig. 4.3.3).

La conductivité électrique de l'extrait 1:2.5 varie de 30 à 300 $\mu\text{S}/\text{cm}$ avec une médiane proche de 150 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Les profils de concentration présentent plusieurs types:

- Profils descendants pour les arroseurs N1-2D-3g et G5-2d qui sont aussi les secteurs les plus salés. Ces caractéristiques témoignent soit d'une accumulation des sels en profondeur malgré un lessivage des horizons superficiels (vraisemblable sur l'arroseur G5-2d cultivé en double culture rizicole sur un sol très argileux de type "moursi"), soit de l'existence d'une origine profonde de sels mobilisés par la nappe phréatique (vraisemblable sur la partie argileuse de l'arroseur N1-2D-3g).
- Profil ascendant pour l'arroseur N1-8d, témoignant d'un lessivage insuffisant et d'une prédominance des remontées capillaires sur un sol argileux de type "Dian" cultivé en simple culture;
- Existence d'un minimum en position intermédiaire pour les arroseurs N1-2g et N9-7D-1g. Sur l'arroseur N9-7D-1g (cuvette limoneuse), le profil globalement descendant pourrait le rapprocher de la situation de l'arroseur G5-2d. Sur l'arroseur N1-2g à vocation maraîchère, le profil globalement ascendant met en évidence une insuffisance du lessivage lié au mode d'irrigation; néanmoins le sol est très peu salé.
- L'arroseur KL3-7d est très peu salé et le lessivage y semble globalement satisfaisant.

La comparaison des valeurs médianes et des écarts type montre que la variance de la conductivité électrique (log) est plus faible (fig. 4.3.3):

- Sur les secteurs les plus salés.
- Dans les horizons superficiels. Le fonctionnement hydrologique des sols et de la nappe affecterait d'avantage la redistribution des sels dans les horizons profonds, les horizons superficiels étant d'avantage "homogénéiser" sous l'influence de la submersion.
- Dans les sols de cuvettes. La moindre mobilité des sels favoriserait une évolution plus homogène de la salure. A l'inverse, la variabilité est importante sur les sols de levées qu'ils soient globalement salés (N1-2D-3g) ou pas (KL3-7d)
- Dans les arroseurs de double culture (G5-2d et N9-7D-1g). A l'inverse la variance est sensiblement plus élevée sur le secteur maraîcher (N1-2g).

L'étude des modèles de variogramme à l'échelle des secteurs étudiés montre:

- une valeur du pallier du variogramme très inférieure à la variance moyenne sur l'ensemble des secteurs étudiés. Cela met en évidence une forte variabilité entre les secteurs étudiés et donc l'existence d'une structure spatiale de plus grande distance. Le pallier représente 57% et 67 % de la variance dans les horizons 20-30 cm et 120-130 cm, respectivement (fig. 4.3.5 et 4.3.6 et tab. 4.3.1. et 4.3.2.).
- Une confirmation des tendances notées précédemment concernant l'influence du type de sol, de la profondeur ou des systèmes de culture sur la variance moyenne ou la pallier du variogramme. La plus forte variance dans les horizons profonds est accentuée par une portée plus faible du variogramme à l'échelle de l'arroseur (52 et 82 mètres dans les horizons 120-130 et 20-30 cm). Cela confirmerait une certaine homogénéisation des horizons superficiels.
- L'existence d'un effet pépité sur les arroseurs aménagés du distributeur Rétail (N1 et N9) alors qu'il apparaît nul sur les distributeurs Kolodougou (KL) et Gruber (G) (tab. 4.3.1, 4.3.2 et 4.3.3). Cette différence pourrait être attribuée au type d'aménagement. En effet, la réhabilitation réalisée sur le distributeur Retail a été accompagnée d'un planage en bandes et du creusement de rigoles d'irrigation à 100 mètres d'écartement dans une direction perpendiculaire à l'arroseur, contrairement aux réhabilitations réalisées sur les autres secteurs par le projet ARPON. Les bandes de planage et les rigoles d'arroseur conduiraient à la création de discontinuités dans la structure spatiale de la conductivité électrique et mettraient ainsi en évidence l'influence des modalités d'irrigation sur le fonctionnement hydrologique des sols et la distribution de la salinité. Ces hypothèses concordent avec les résultats des modèles de variogramme de la conductivité électromagnétique.

A l'échelle des bassins d'irrigation, l'étude du modèle de variogramme de l'arroseur N1-2g à vocation maraîchère montre une structure périodique dans la direction perpendiculaire aux rigoles d'irrigation d'une fréquence de 6 mètres correspondant à l'écartement moyen des rigoles (fig. 4.3.7). Ce phénomène doit être mis en relation avec le mode d'irrigation des planches maraîchères par projection d'eau à l'aide de calebasse à partir des rigoles d'irrigation. La salure apparaît plus élevée dans la partie centrale des planches de culture traduisant vraisemblablement l'apport de doses d'irrigation inférieur et un moindre lessivage (fig. 4.3.8). Nous avons pu remarquer sur certains secteurs maraîchers dégradés

cultivés pour la première fois en riz une hétérogénéité du couvert végétal symptomatique de cette variabilité. Le riz apparaît vert et plus développé le long des anciennes rigoles d'arrosage alors qu'il reste jaune et de taille plus réduite sur les anciennes planches maraîchères.

La conductivité électrique de l'horizon 20-30 cm des différents arroseurs étudiés a été interpolée par krigeage à partir des modèles de variogramme obtenus (fig. 4.3.9 à 4.3.14).

L'étude de la variabilité spatiale de la conductivité électrique montre l'existence de processus hydrologique de concentration et de redistribution des sels très diversifiés où les types de sol, d'aménagement et de système de culture interviennent conjointement. L'existence d'une salure primaire liée à la remontée de la nappe phréatique pourrait aussi jouer un rôle important qui reste à confirmer. Il en découle une forte variabilité spatiale de la salure; cependant les sols restent peu salés.

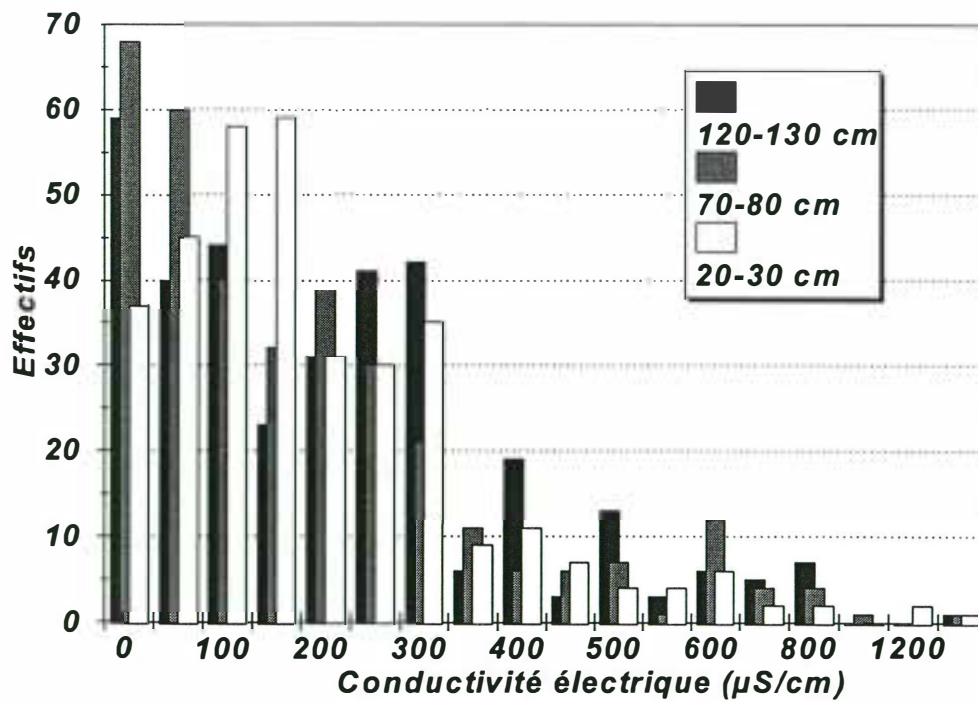


Figure 4.3.1. Histogramme de la conductivité électrique

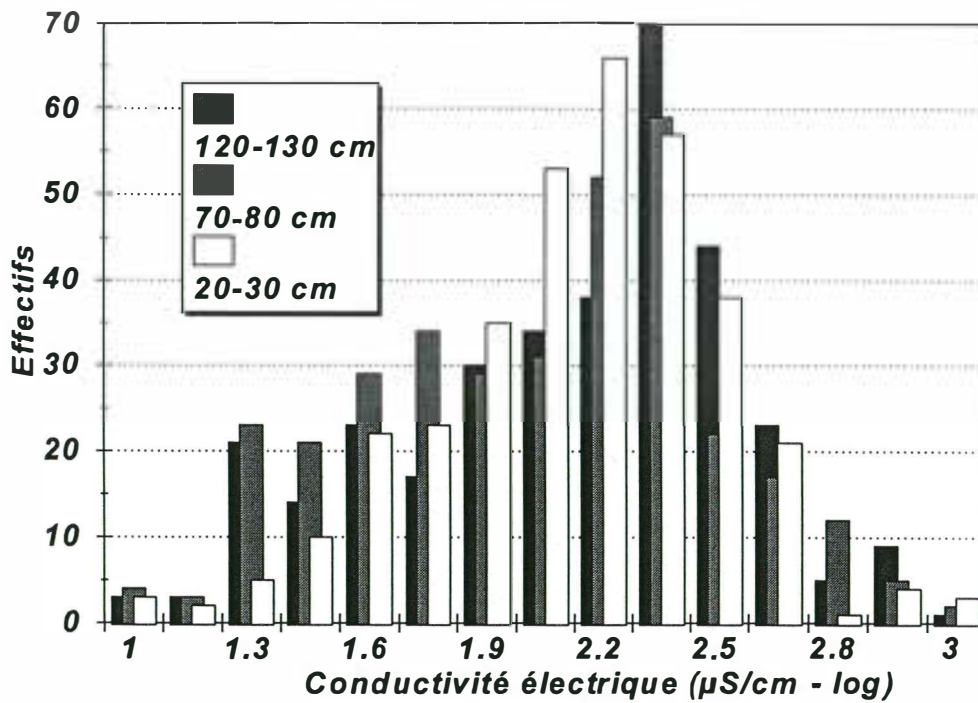


Figure 4.3.2. Histogramme du logarithme de la conductivité électrique

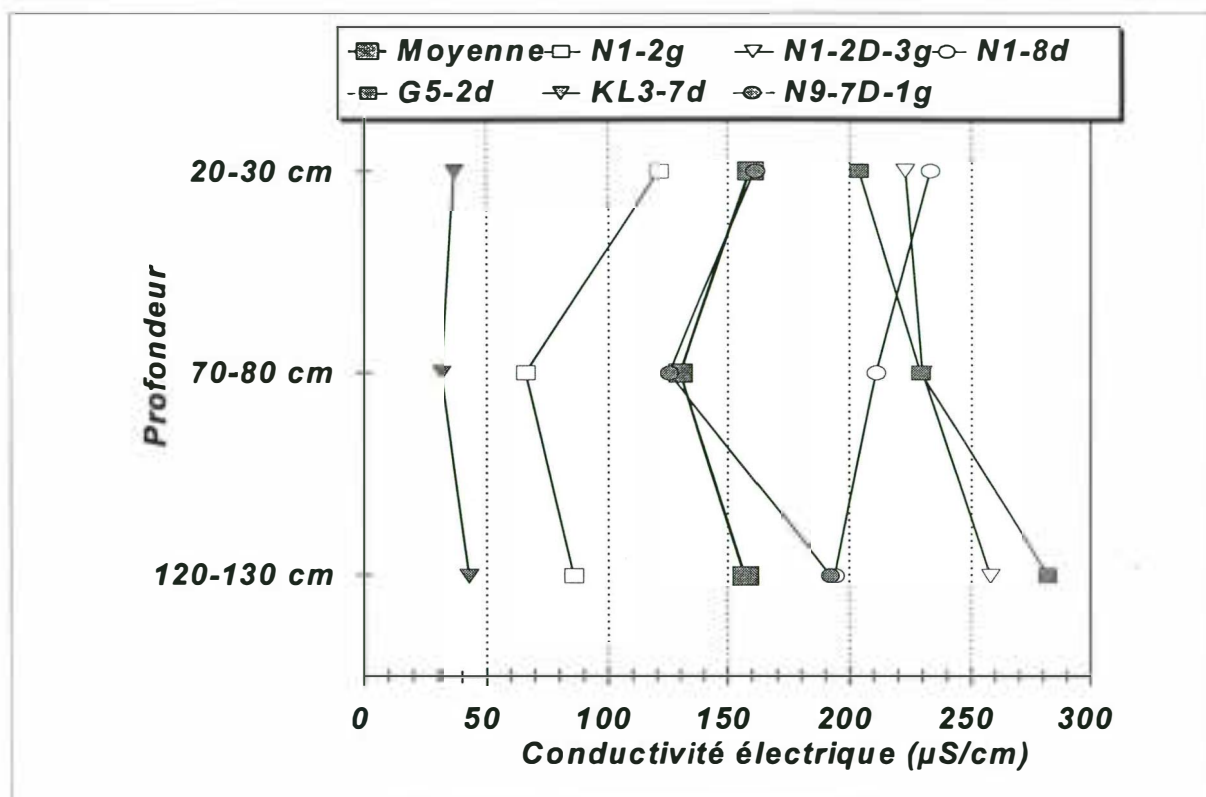


Figure 4.3.3. Profil médian de conductivité électrique des arroseurs étudiés

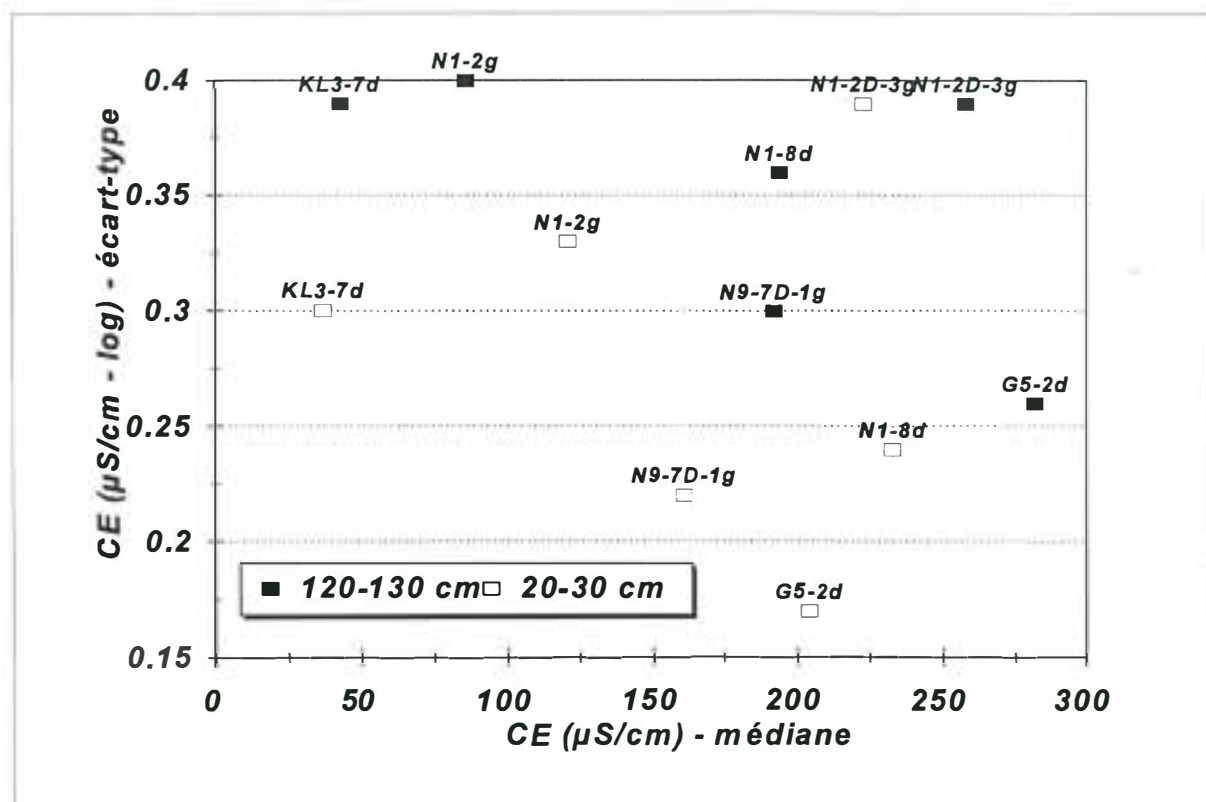


Figure 4.3.4. Conductivité électrique: relation entre la médiane et l'écart-type

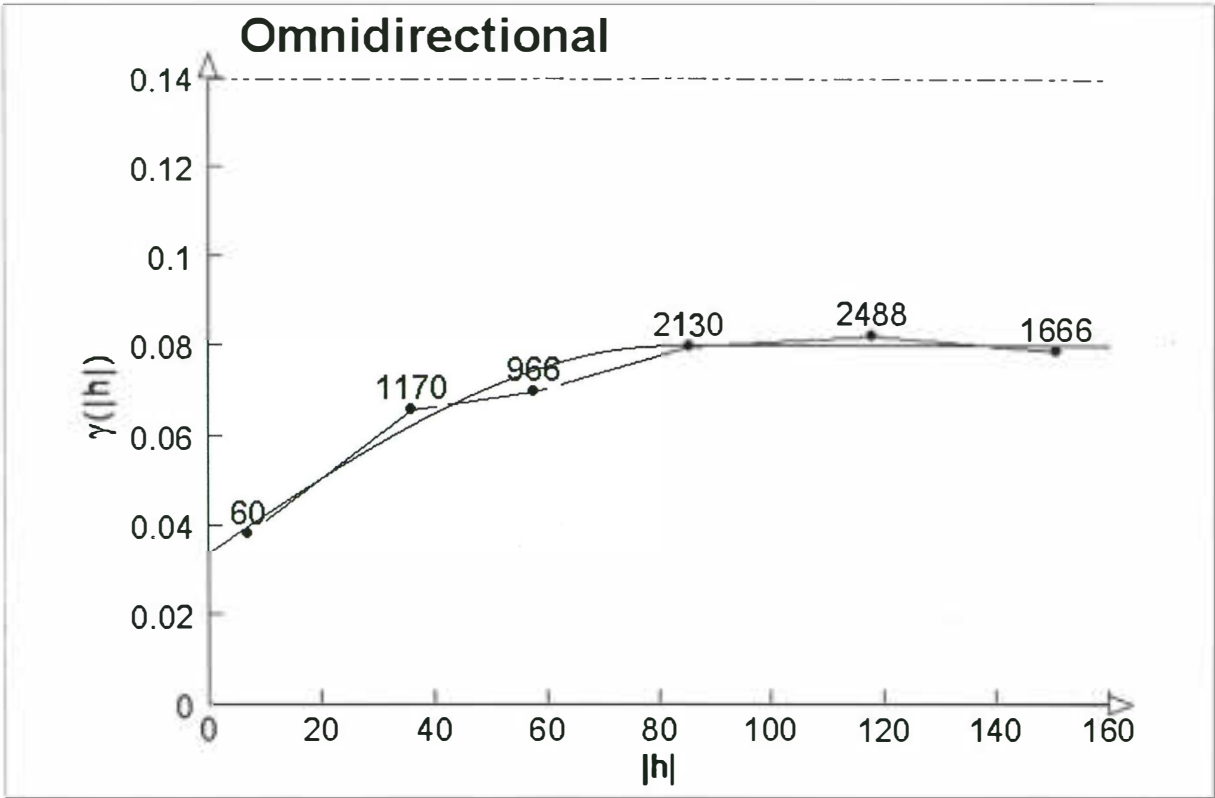


Figure 4.3.5. Modèle de variogramme de la conductivité électrique ($\mu\text{S}/\text{cm} - \log$) dans l'horizon 20-30 cm

Tableau 4.3.1. Modèle de variogramme de la conductivité électrique ($\mu\text{S}/\text{cm}-\log$) dans l'horizon 20-30 cm à l'échelle des arroseurs étudiés et dans l'horizon 0-10 cm à l'échelle du kala inférieur (d'après données de Keïta, 1996)

Arroseurs	Variance Moyenne	Modèle de variogramme			Remarques
		Pépité	Pallier	Portée	
Tous	0.139	0.034	0.080	82	Données brutes
N1-2g	0.111	0.056	0.118	90	Données brutes
KL3-7d	0.088	0	0.090	65	Données brutes
G5-2d	0.0237	0.0096	0.252	62	Données brutes
N1-8d	0.055	0.0192	0.0570	104	Données brutes
N1-2D-3g	0.145	0.064	0.172	154	Données brutes
N9-7D-1g	0.048	0.0145	0.0505	40	Données brutes
Kala inf.	0.150	0.079	0.165	5370	Données brutes

Tableau 4.3.2. Modèle de variogramme de la conductivité électrique ($\mu\text{S}/\text{cm}\cdot\log$) dans l'horizon 120-130 cm à l'échelle des arroseurs étudiés et dans l'horizon 50-100 cm à l'échelle du kala inférieur (d'après données de Keïta, 1996)

Arroseurs	Variance Moyenne	Modèle de variogramme			Remarques
		Pépite	Pallier	Portée	
Tous	0.181	0.042	0.118	52	Données brutes
N1-2g	0.158	0.070	0.152	35	Données brutes
KL3-7d	0.151	0	0.154	53	Données brutes
G5-2d	0.0249	0.0060	0.0261	50	Données brutes
N1-8d	0.130	0.040	0.136	65	Données brutes
N1-2D-3g	0.161	0.032	0.170	62	Données brutes
N9-7D-1g	0.0904	0.048	0.092	40	Données brutes
Kala inf.	0.220	pépitique			Données brutes

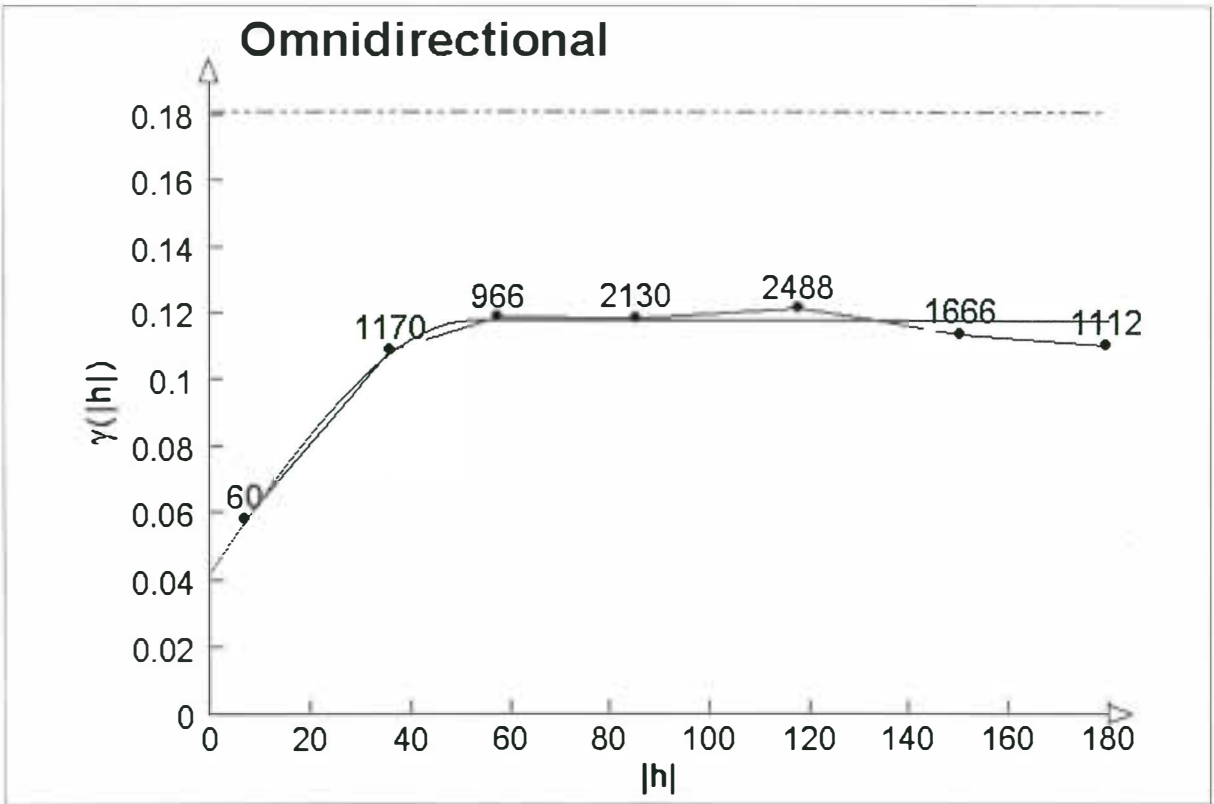


Figure 4.3.6. Modèle de variogramme moyen de la conductivité électrique ($\mu\text{S}/\text{cm} \cdot \log$) dans l'horizon 120-130 cm à l'échelle des arroseurs étudiés

Tableau 4.3.3. Modèle de variogramme de la conductivité électrique ($\mu\text{S}/\text{cm} - \log$) à l'échelle du bassin d'irrigation dans l'horizon 20-30 cm

Arroseurs	Variance Moyenne	Modèle de variogramme			Remarques
		Pépité	Pallier	Portée	
tous rizicoles	0.0993	0.0180	0.0580	33	Données brutes
N1-2g	0.0677	cf. Variogramme des bassins maraîchers			Maraîchage Données brutes
KL3-7d	0.054	0	0.0600	26	Données brutes
G5-2d	0.0102	0.0036	0.0116	21	Données brutes
N1-8d	0.047	0.0145	0.0545	27	Données brutes
N1-2D-3g	0.079	0.0500	0.0940	32	Données brutes
N9-7D-1g	0.0455	0.0180	linéaire: $\alpha=0.00087$		Données brutes

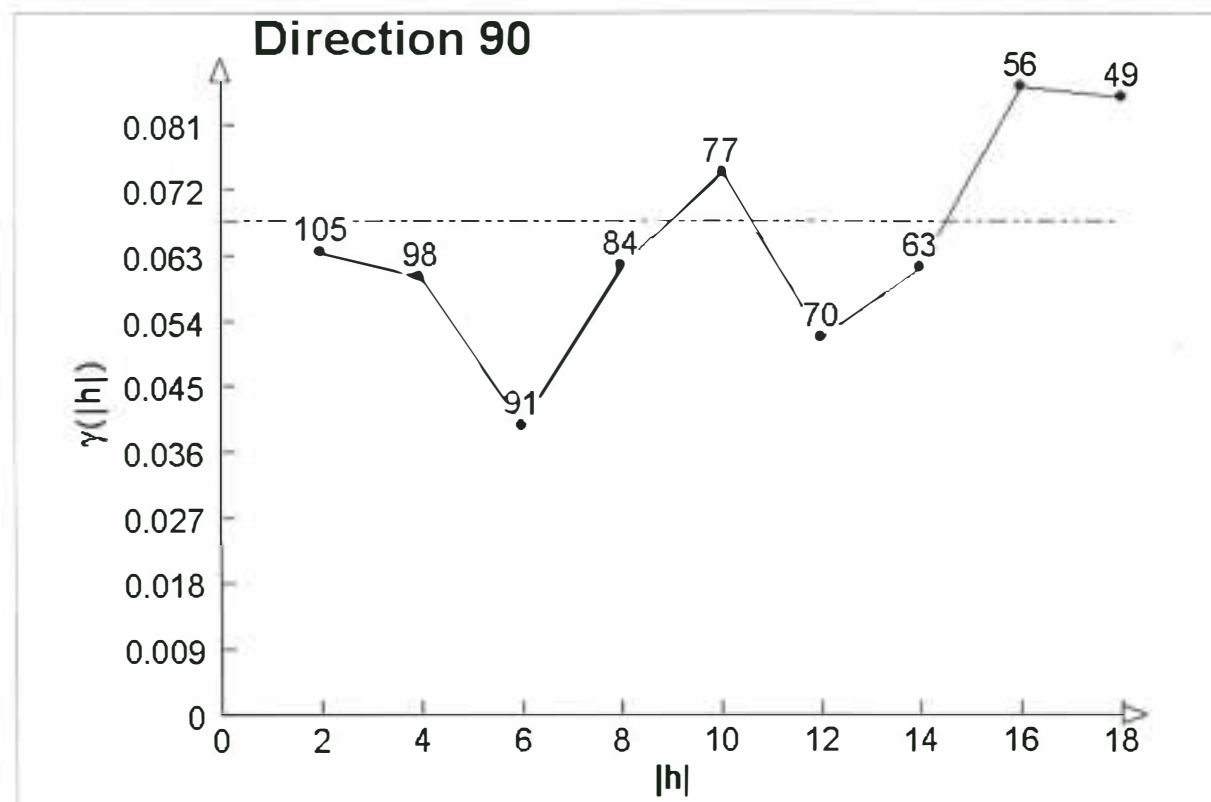


Tableau 4.3.7. Variogramme de la conductivité électrique ($\mu\text{S}/\text{cm} - \log$) à l'échelle des bassins maraîchers dans la direction perpendiculaire aux rigoles d'irrigation.

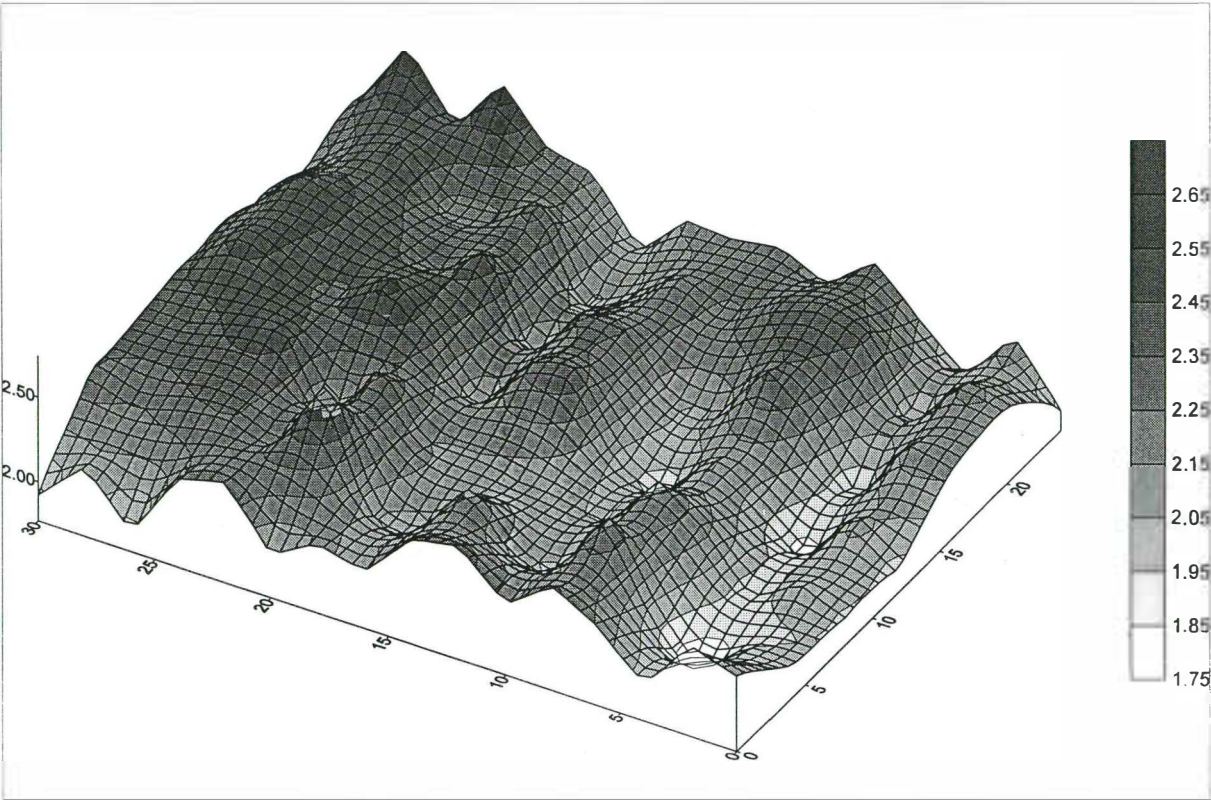


Figure 4.3.8. Cartographie de la conductivité électrique ($\mu\text{S}/\text{cm}$ - log): bassins maraichers de l'arroseur N1-2g

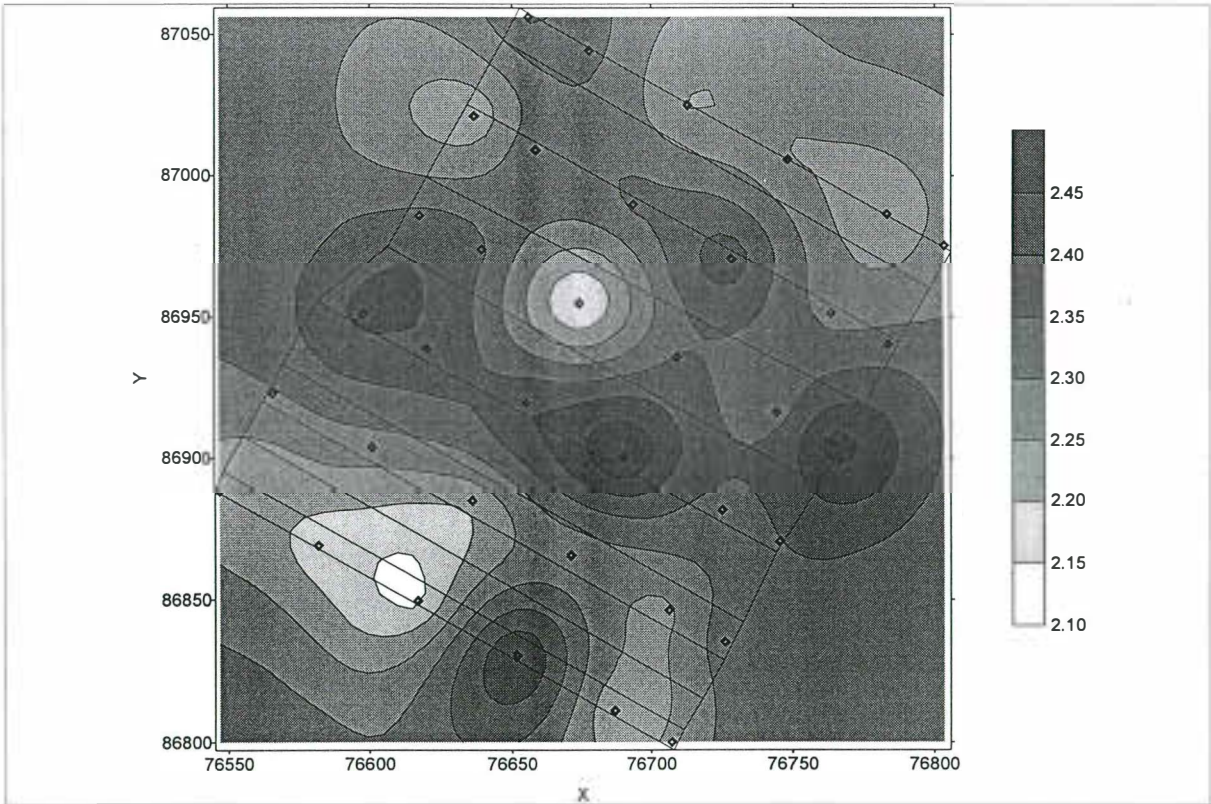


Figure 4.3.9. Conductivité électrique ($\mu\text{S}/\text{cm}$ - log) de l'horizon 20-30 cm du secteur étudié de l'arroseur G5-2d

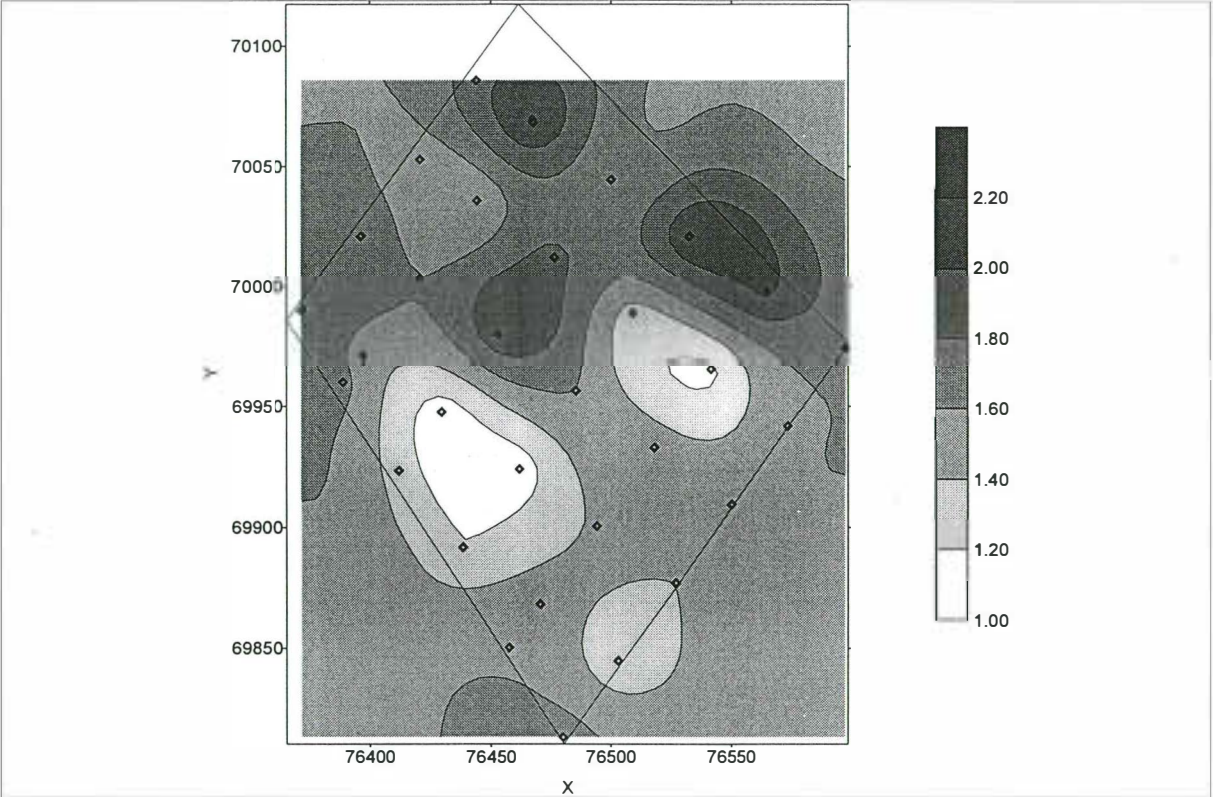


Figure 4.3.10. Conductivité électrique ($\mu\text{S}/\text{cm}$) de l'horizon 20-30 cm du secteur étudié de l'arroseur KL3-7d

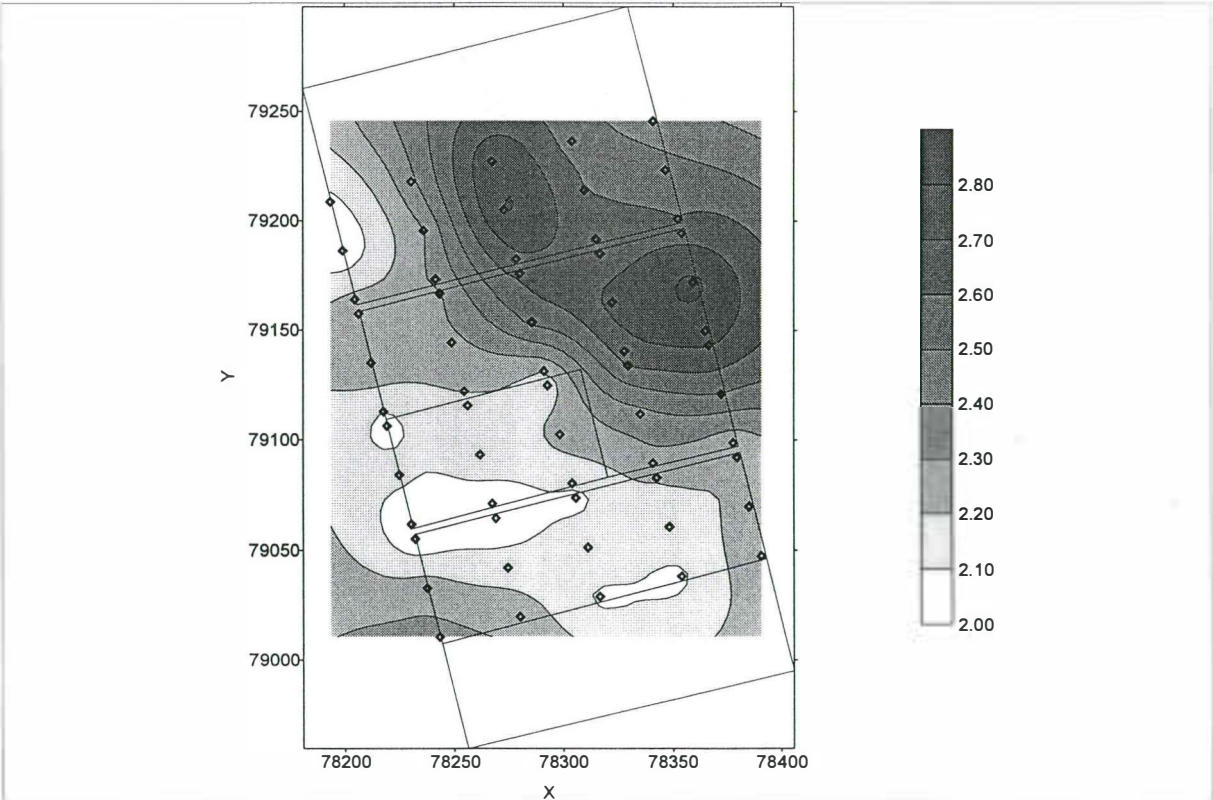


Figure 4.3.12. Conductivité électrique ($\mu\text{S}/\text{cm-log}$) de l'horizon 20-30 cm du secteur étudié de l'arrosueur N1-2D-3g

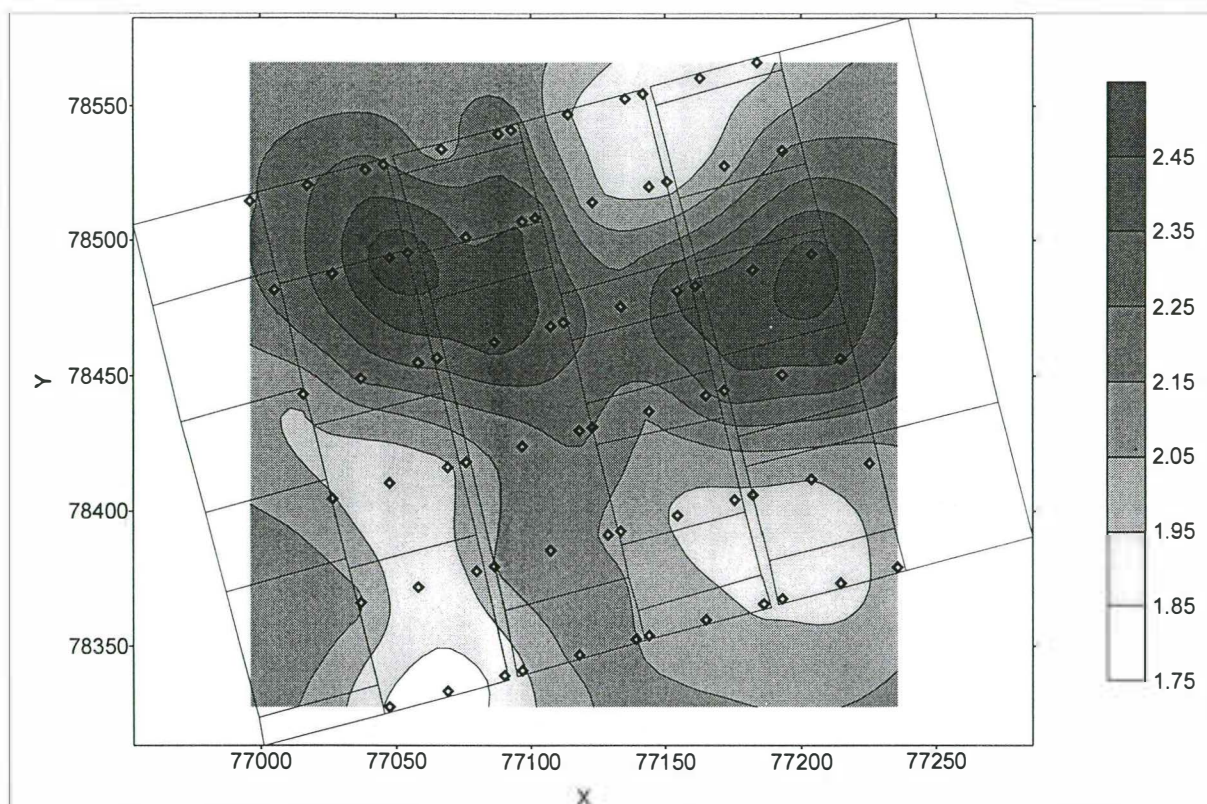


Figure 4.3.12. Conductivité électrique ($\mu\text{S/cm-log}$) de l'horizon 20-30 cm du secteur étudié de l'arroseur N1-2g

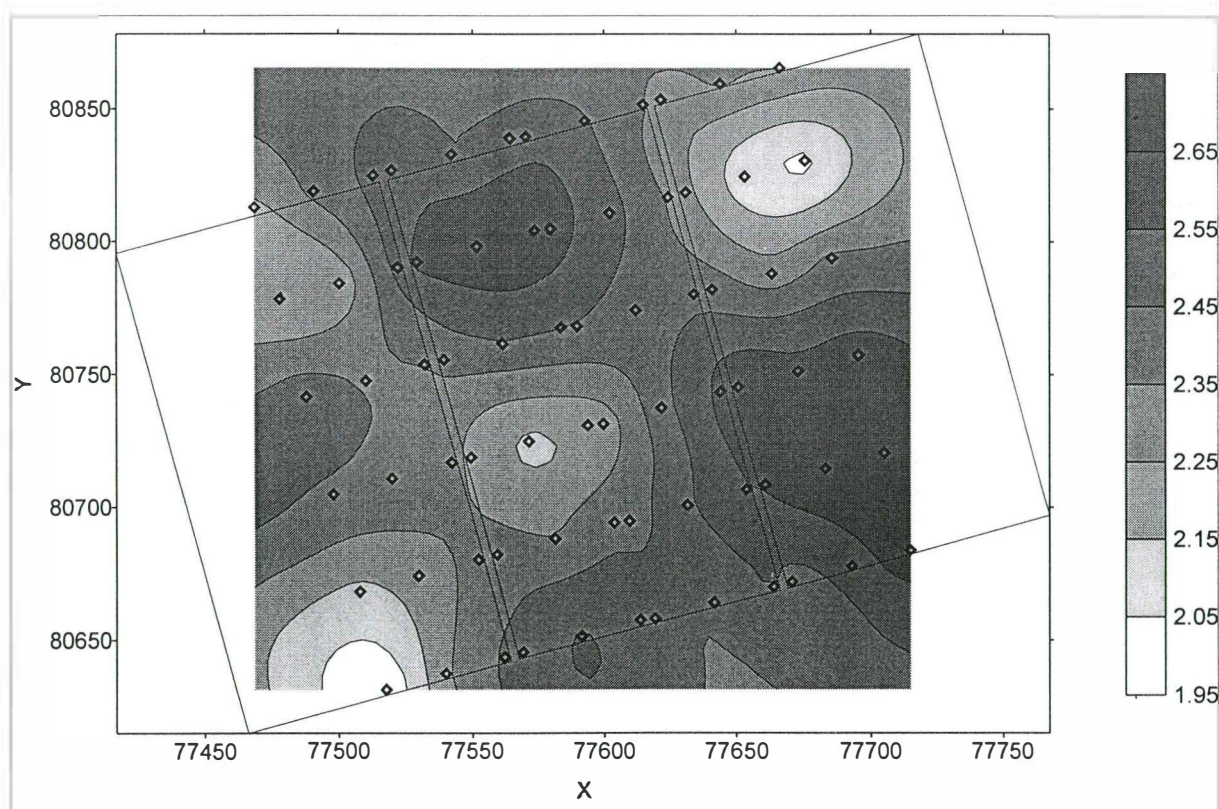


Figure 4.3.13. Conductivité électrique ($\mu\text{S/cm-log}$) de l'horizon 20-30 cm du secteur étudié de l'arroseur N1-8d

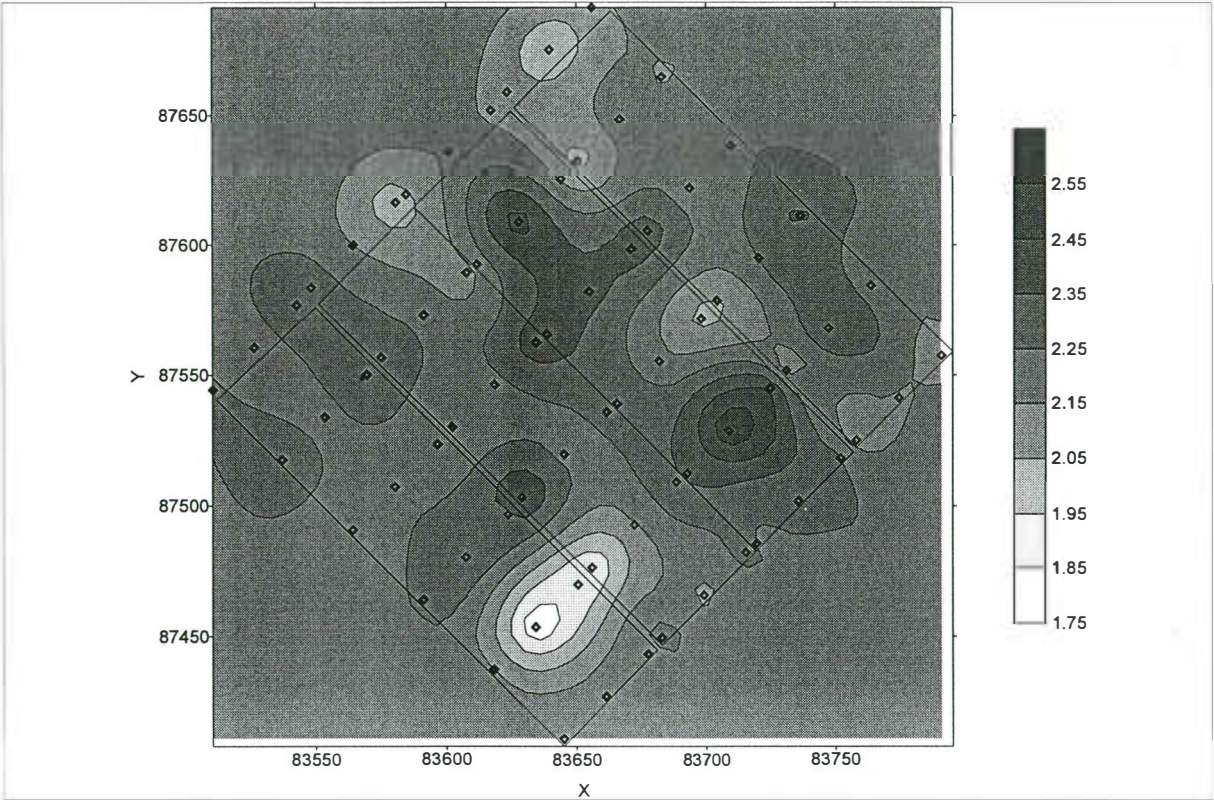


Figure 4.3.14. Conductivité électrique ($\mu\text{S/cm-log}$) de l'horizon 20-30 cm du secteur étudié de l'arroseur N9-7D-1g

4.5. pH

Le pH a été mesuré sur des suspensions de sol diluées à 1:2.5 après 2 heures d'agitation, puis un délai de 22 heures de repos. La comparaison avec une mesure du pH après les deux heures d'agitation montre que le pH reste invariant vers pH 7.0 tandis qu'il augmente pour les valeurs inférieures et diminue pour les valeurs supérieures à raison de 1/10 d'unité pH par 1/2 unité pH supplémentaire. Par exemple, le pH mesuré passe d'une valeur de 8.5 après 2 heures d'agitation à 8.2 après 22 heures de repos supplémentaire.

Le pH varie dans une gamme très large de 4.22 à 9.44 (fig. 4.5.1). Les sols alcalins (valeur du pH supérieur à 8.0) représentent 23% des échantillons dans l'horizon 20-30 cm et 28% des échantillons dans les horizons 70-80 cm et 120-130 cm. Une proportion significative de sols apparaît légèrement acides: 11%, 23% et 12% des valeurs inférieures à 6.0 dans les horizons 20-30, 70-80 et 120-130 cm, sans que nous soyons en mesure d'en expliquer la cause qui ne peut pas être liée à la qualité des eaux d'irrigation. La distribution des pH est assez fortement dissymétrique vers le pôle alcalin, voire bimodale dans l'horizon 20-30 cm. Ces caractéristiques conforteraient l'hypothèse selon laquelle différents processus interviennent conjointement dans l'évolution des propriétés chimiques des sols de l'Office du Niger bien que la qualité des eaux et les modalités d'irrigation soient identiques.

Les variations verticales de pH sont faibles (fig.4.5.2.); les pH des différents horizons sont fortement corrélés. Ils existent de sensibles différences entre les valeurs moyennes de pH des différents arroseurs étudiés. Les sols de cuvette apparaissent plus alcalins, notamment l'arroseur G5-2d sur sol "moursi", mais aucun critère discriminant ne permet a priori de les classer. Les valeurs médianes de pH et de CE apparaissent faiblement corrélées et la dispersion des valeurs semble indiquer des variations sensibles du faciès géochimique entre ces différents arroseurs (fig.4.5.3.). Cet aspect sera développé dans le prochain paragraphe (§4.6.).

Contrairement à la conductivité électrique dont la variance augmente en profondeur, la variance du pH dans l'horizon 20-30 cm apparaît équivalente à celle de l'horizon 120-130 cm (fig. 4.5.4.). Dans chaque horizon, les variances du pH et de la CE apparaissent bien corrélées et les mêmes critères semblent subsister, à savoir une diminution de la variance:

- Sur les sols les plus alcalins;
- Sur les sols de cuvettes (G5-2d, N9-7D-1g et N1-8d) par rapport aux sols de levée (KL3-7d et N1-2D-3g). Ce phénomène pourrait être accentué par le pouvoir tampon plus élevé des sols de cuvettes lié à l'influence des argiles (notamment sur l'arroseur G5-2d);
- Sur les arroseurs de double culture (G5-2d et N9-7D-1g) tandis que la variance du pH est élevée sur l'arroseur maraîcher (N1-2g).

De la même manière, les modèles de variogramme du pH présentent la même structure que ceux de la conductivité électrique, à savoir (fig. 4.5.5 et 4.5.6. et tab. 4.5.1 et 4.5.3.):

- Un pallier du variogramme inférieur à la variance moyenne indiquant l'existence d'une structure spatiale de plus grande distance que le variogramme à l'échelle des secteurs étudiés ne permet pas de mettre en évidence.
- Une faible portée à l'échelle de l'arroiseur: 85 mètres et 51 mètres dans les horizons 20-30 cm et 120-130 cm, respectivement
- Un effet pépite observé sur les arroseurs "Retail" alors qu'il est absent sur les arroseurs "ARPON".

Cependant, on peut noter les différences suivantes:

- Les variances moyennes et les palliers apparaissent équivalents entre les horizons 20-30 cm et 120-130 cm alors que la variance de la CE augmentait sensiblement de la surface vers la profondeur;
- Sur les bassins maraîchers, on n'observe pas d'influence de la structure des rigoles d'irrigation.

Le pH de l'horizon 20-30 cm des différents arroseurs étudiés a été interpolé par krigeage à partir des modèles de variogramme obtenus (fig. 4.5.7 à 4.5.12).

De façon générale, la variabilité spatiale du pH apparaît comparable à celle de la conductivité électrique. Cependant des différences sensibles apparaissent:

- **Dans la distribution plus étendue voire bimodale des valeurs de pH. On observe des sols à réaction légèrement acide, neutre ou alcaline;**
- **Dans le faciès géochimique, les valeurs de pH et de CE n'apparaissant pas très fortement corrélées;**
- **Une variance équivalente du pH entre les horizons profonds et superficiels alors que la variance de la CE tendait à augmenter fortement en profondeur.**

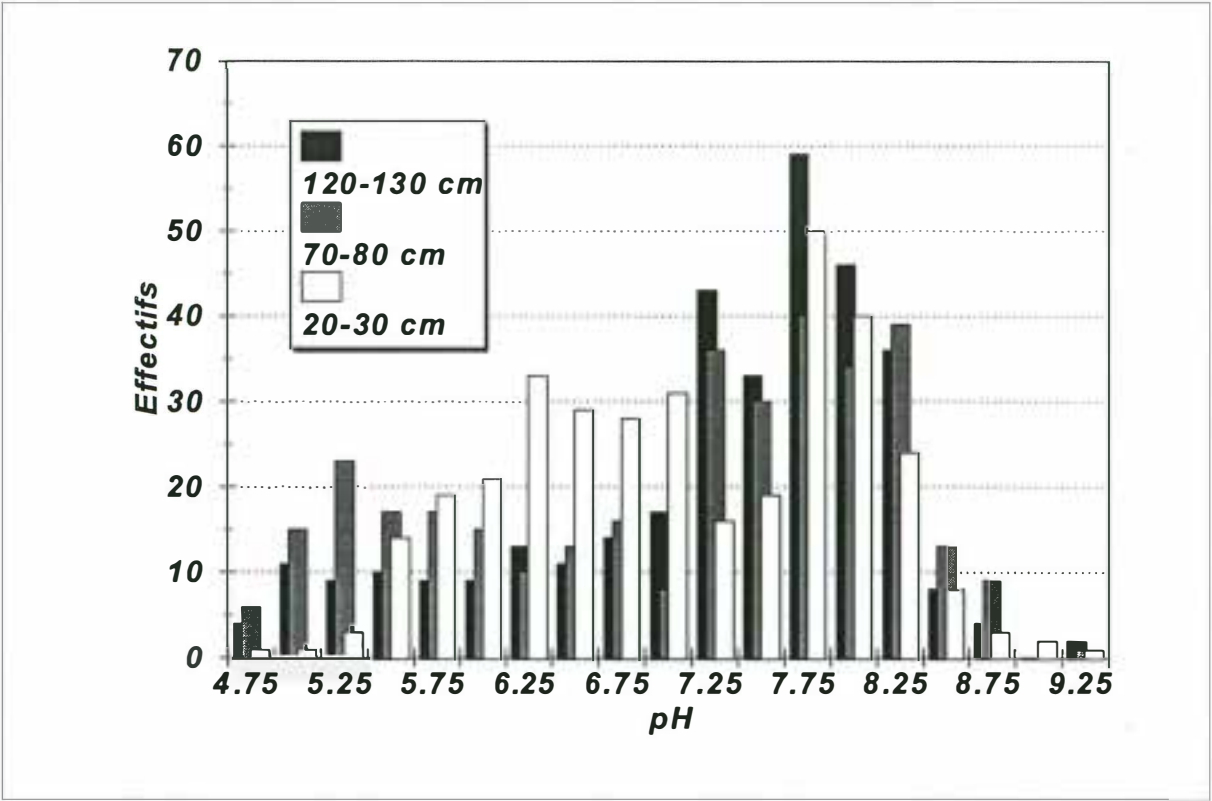


Figure 4.5.1. Histogramme des valeurs de pH

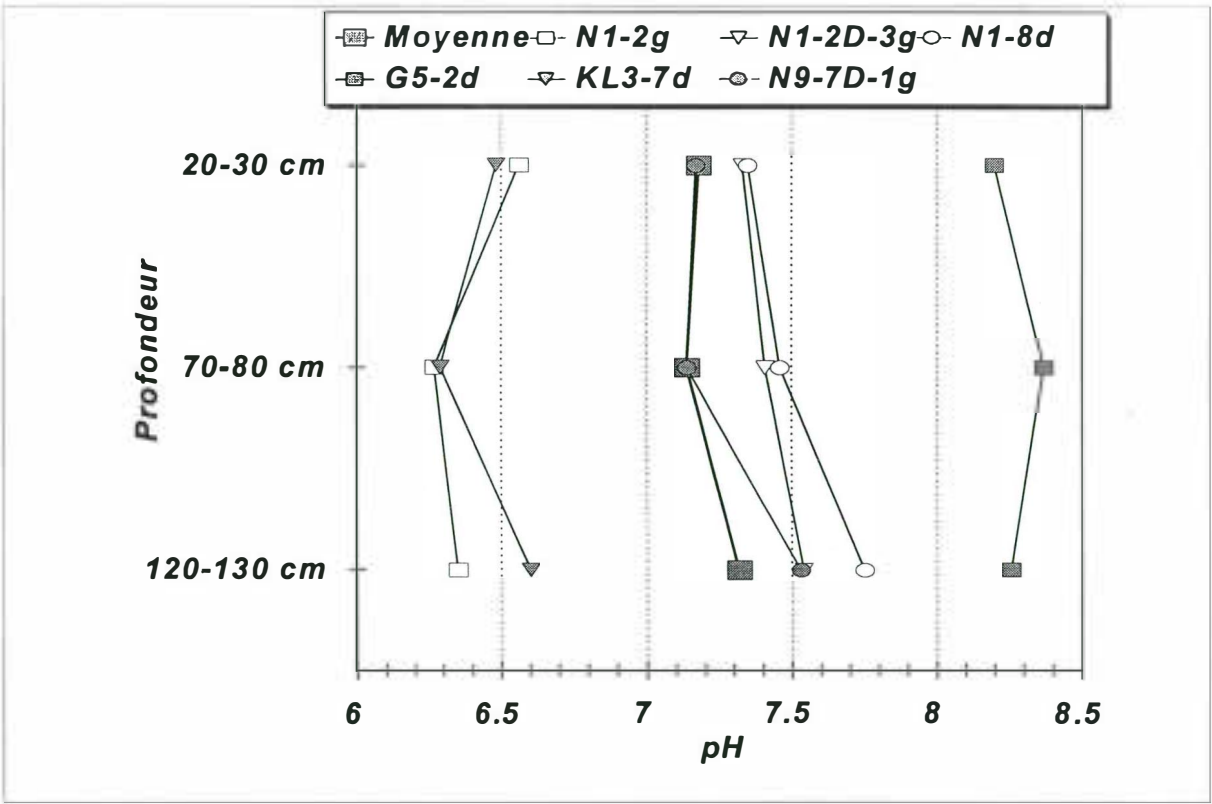


Figure 4.5.2. Profils moyens de pH

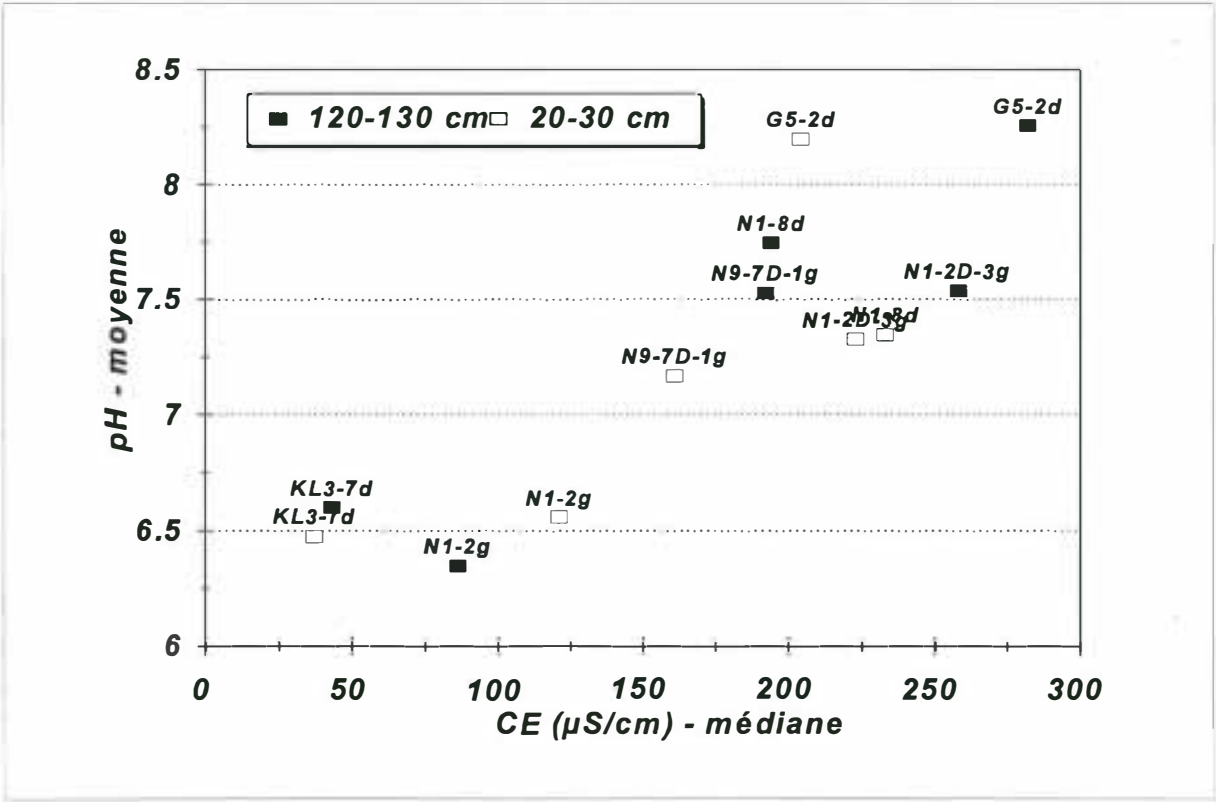


Figure 4.5.3. Relation entre la conductivité électrique médiane et le pH moyen

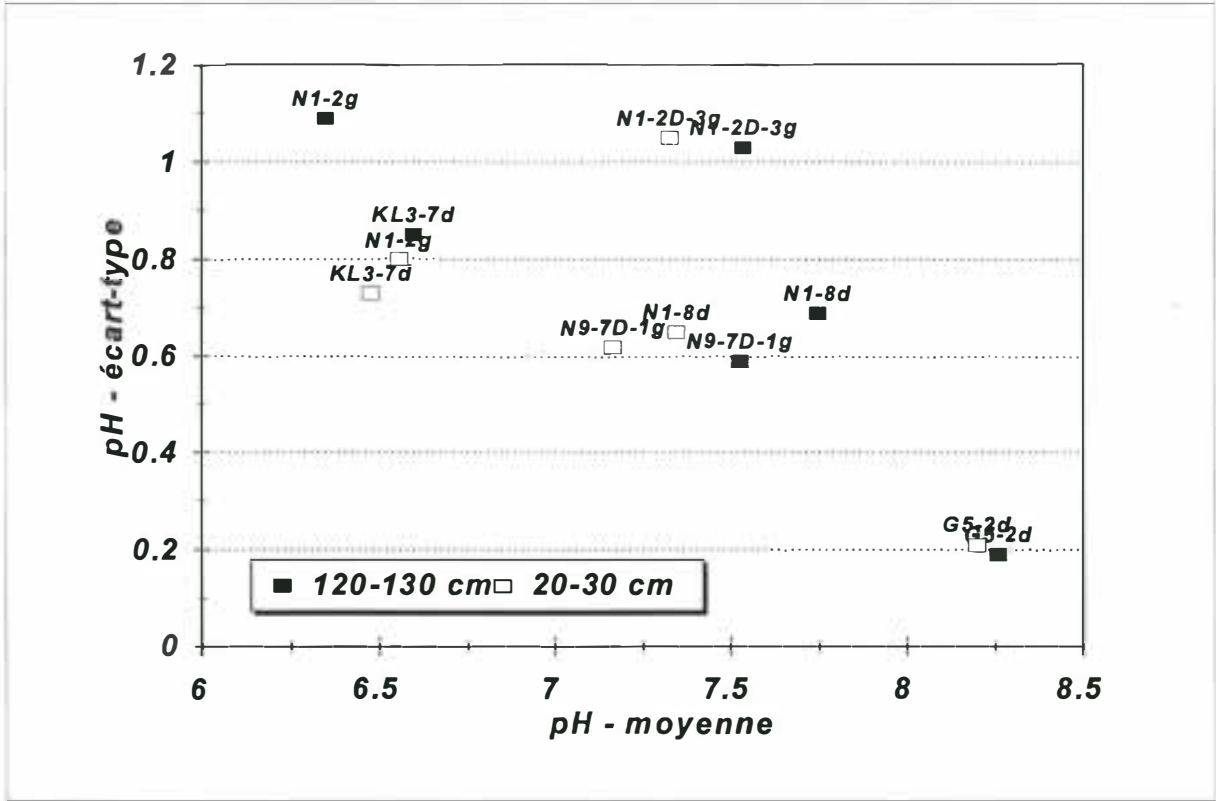


Figure 4.5.4. pH: Relation entre la moyenne et l'écart-type

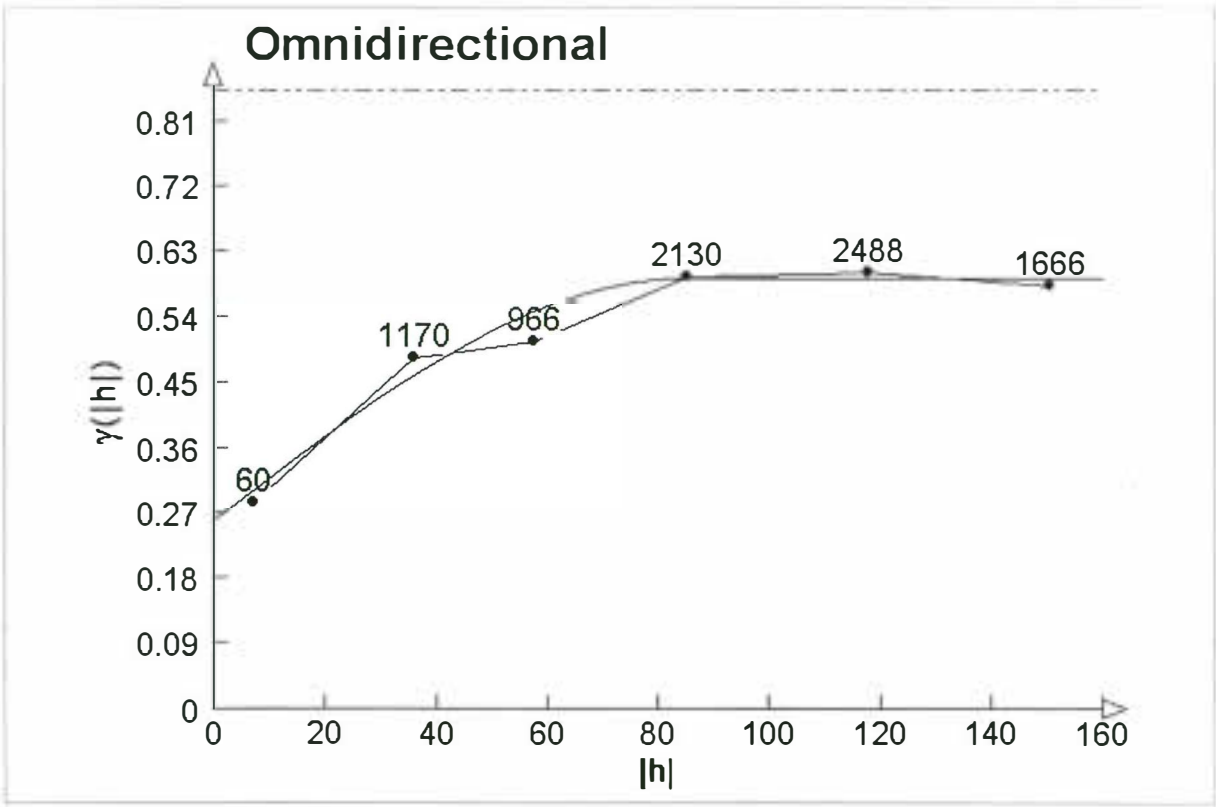


Tableau 4.5.1. Modèle de variogramme du pH dans l'horizon 20-30 cm à l'échelle des arroseurs étudiés et dans l'horizon 0-10 cm à l'échelle du Kala inférieur (d'après données de Keita, 1996)

Arroseurs	Variance Moyenne	Modèle de variogramme			Remarques
		Pépite	Pallier	Portée	
Tous	0.853	0.261	0.594	85	Données brutes
N1-2g	0.689	0.210	0.714	43	Données brutes
KL3-7d	0.528	0	0.522	58	Données brutes
G5-2d	0.044	0	0.050	83	Données brutes
N1-8d	0.413	0.145	0.430	78	Données brutes
N1-2D-3g	1.150	0.250	1.320	112	Données brutes
N9-7D-1g	0.379	0.120	0.400	40	Données brutes
Kala inf.	1.51	0.352	1.552	1560	Données brutes

Tableau 4.5.2. Modèles de variogramme du pH dans l'horizon 20-30 cm à l'échelle du bassin d'irrigation

Arroseurs	Variance Moyenne	Modèle de variogramme			Remarques
		Pépité	Pallier	Portée	
tous rizicoles	0.560	0.120	0.414	34	Données brutes
N1-2g	0.635	0.175	0.637	11	Données brutes
KL3-7d	0.455	0	0.500	26	Données brutes
G5-2d	0.0327	pépitique			Données brutes
N1-8d	0.170	0.14	0.196	34	Données brutes
N1-2D-3g	0.688	0.440	linéaire: $\alpha=0.0108$		Données brutes
N9-7D-1g	0.330	0.148	linéaire: $\alpha=0.0072$		Données brutes

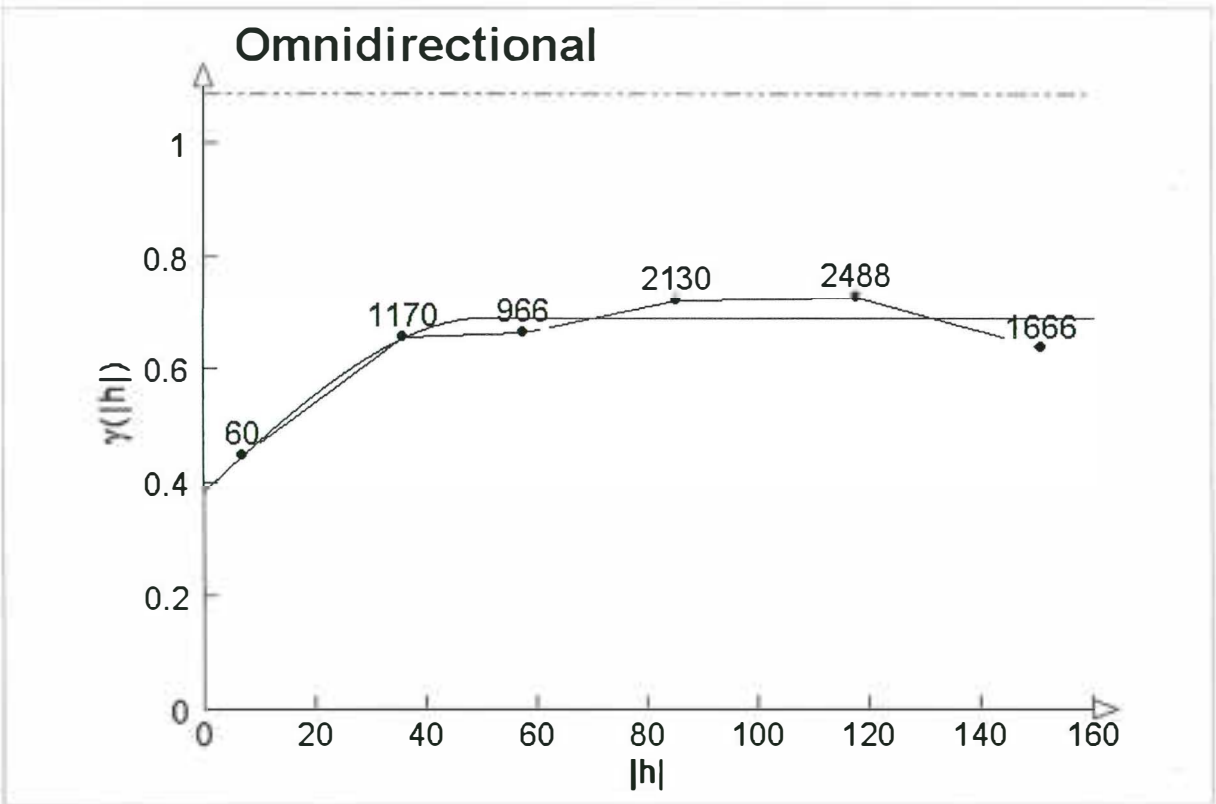


Figure 4.5.6. Modèle de variogramme du pH dans l'horizon 120-130 cm à l'échelle des arroseurs étudiés

Tableau 4.4.3. Modèle de variogramme du pH dans l'horizon 120-130 cm à l'échelle des arroseurs étudiés et dans l'horizon 50-100 cm à l'échelle du kala inférieur (d'après données de Keïta, 1996)

Arroseurs	Variance Moyenne	Modèle de variogramme			Remarques
		Pépite	Pallier	Portée	
Tous	1.09	0.385	0.693	51	Données brutes
N1-2g	1.17	0.240	1.200	47	Données brutes
KL3-7d	0.718	0	0.752	62	Données brutes
G5-2d	0.035	0.0136	0.0236	96	Données brutes
N1-8d	0.430	0.125	0.435	70	Données brutes
N1-2D-3g	1.14	0.49	1.21	70	Données brutes
N9-7D-1g	0.339	0.040	0.352	40	Données brutes
Kala inf	1.23	pépitique			Données brutes

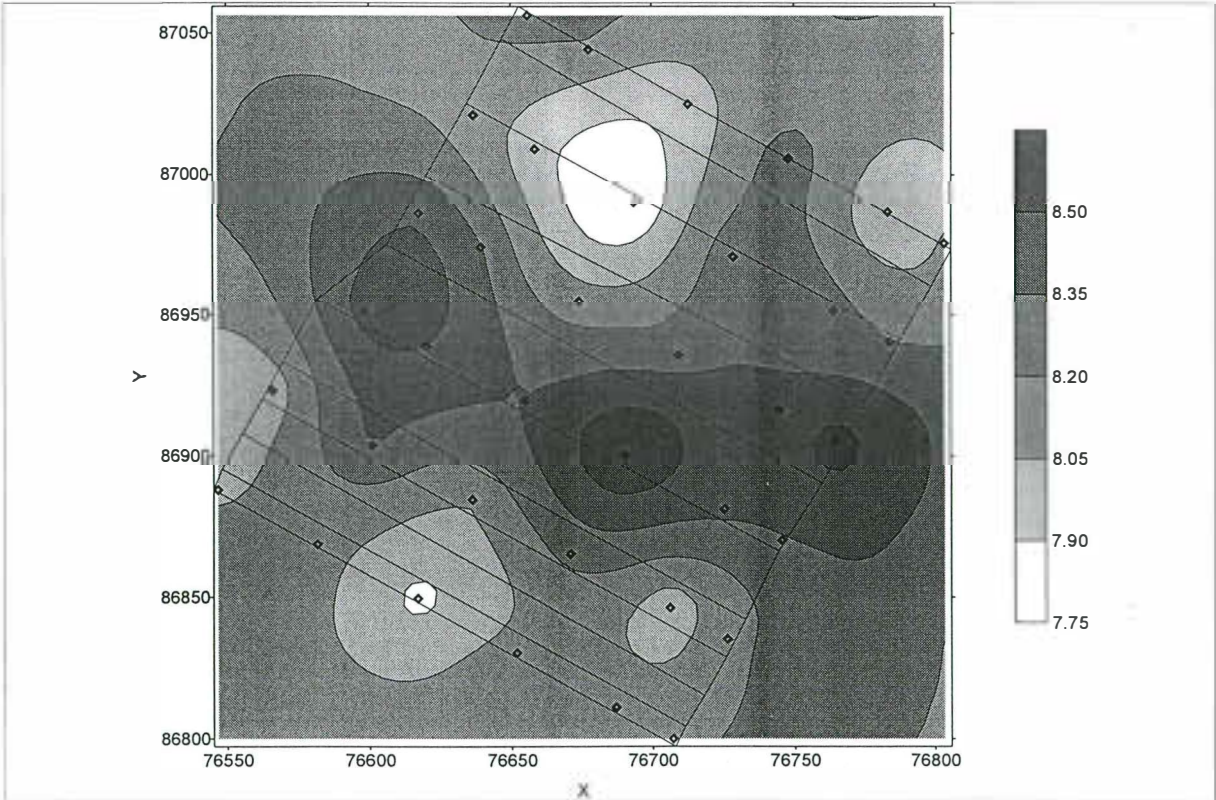


Figure 4.5.7. pH de l'horizon 20-30 cm du secteur étudié de l'arroseur G5-2d

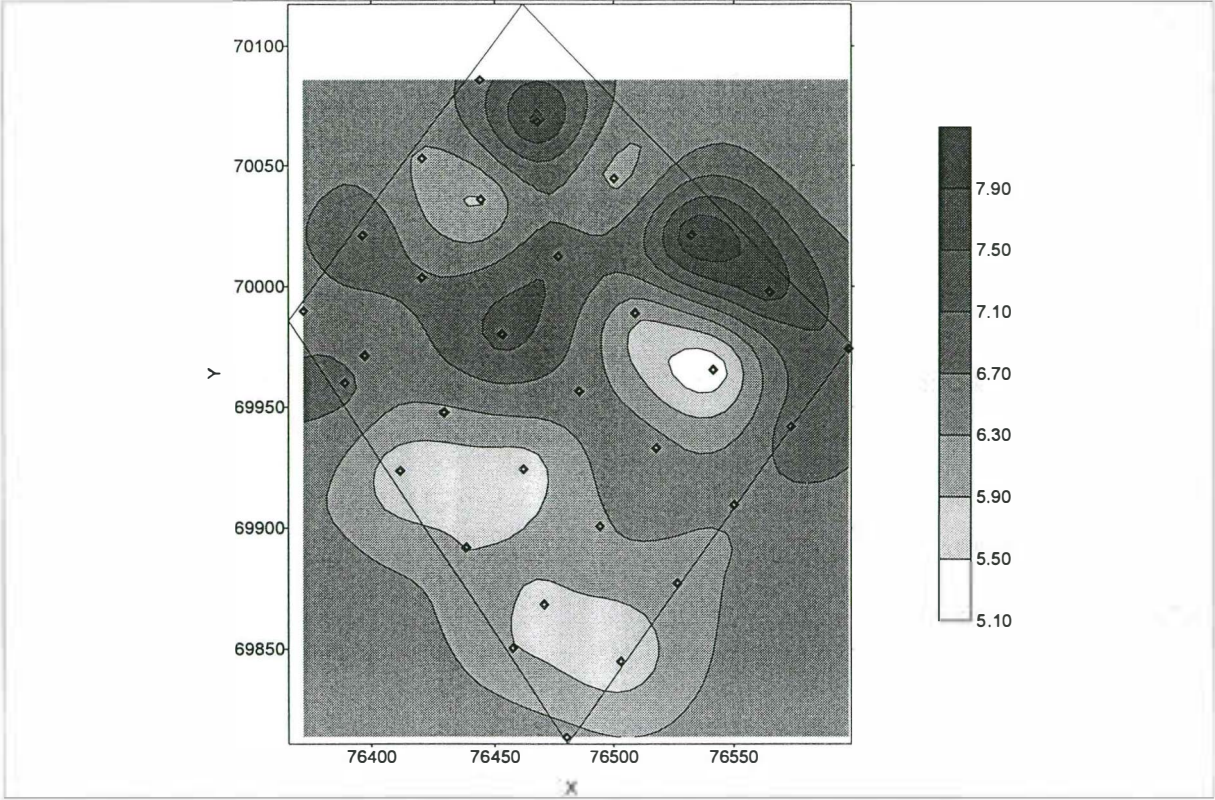


Figure 4.5.8. pH de l'horizon 20-30 cm du secteur étudié de l'arroiseur KL3-7d

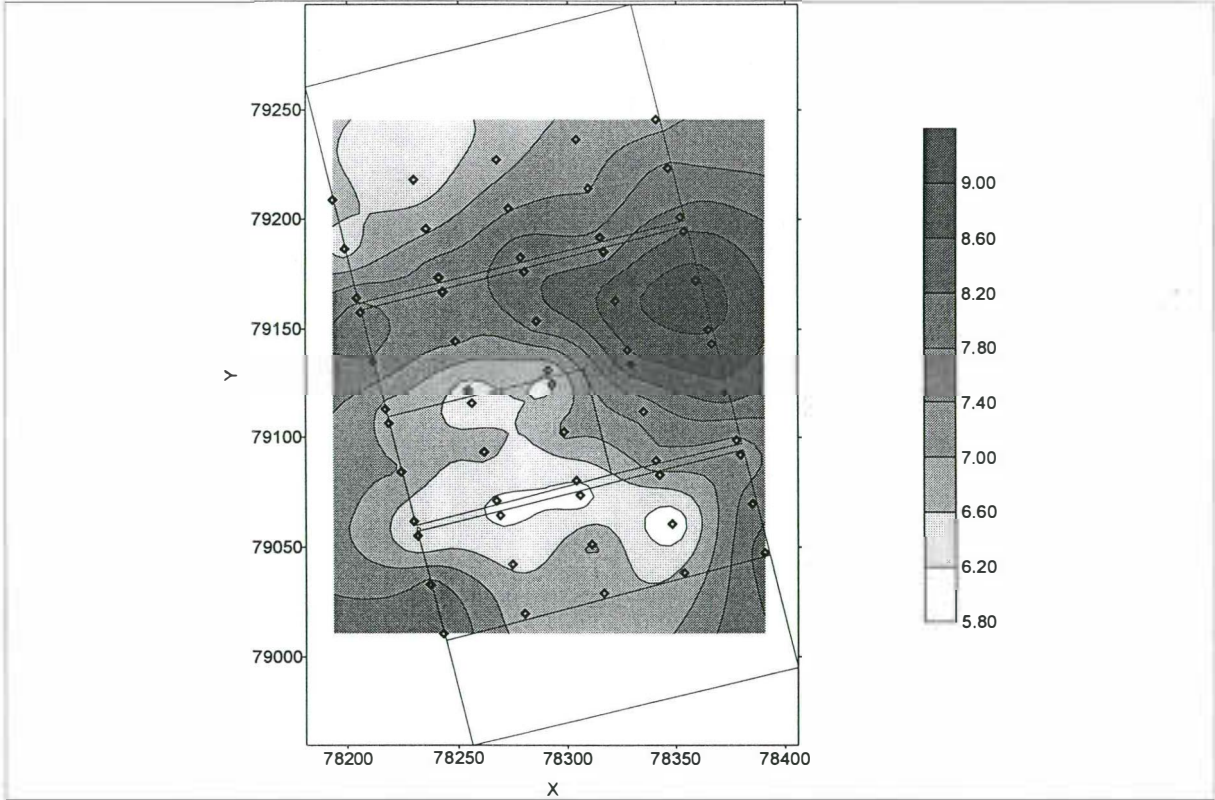


Figure 4.5.9. pH de l'horizon 20-30 cm du secteur étudié de l'arroiseur N1-2D-3g

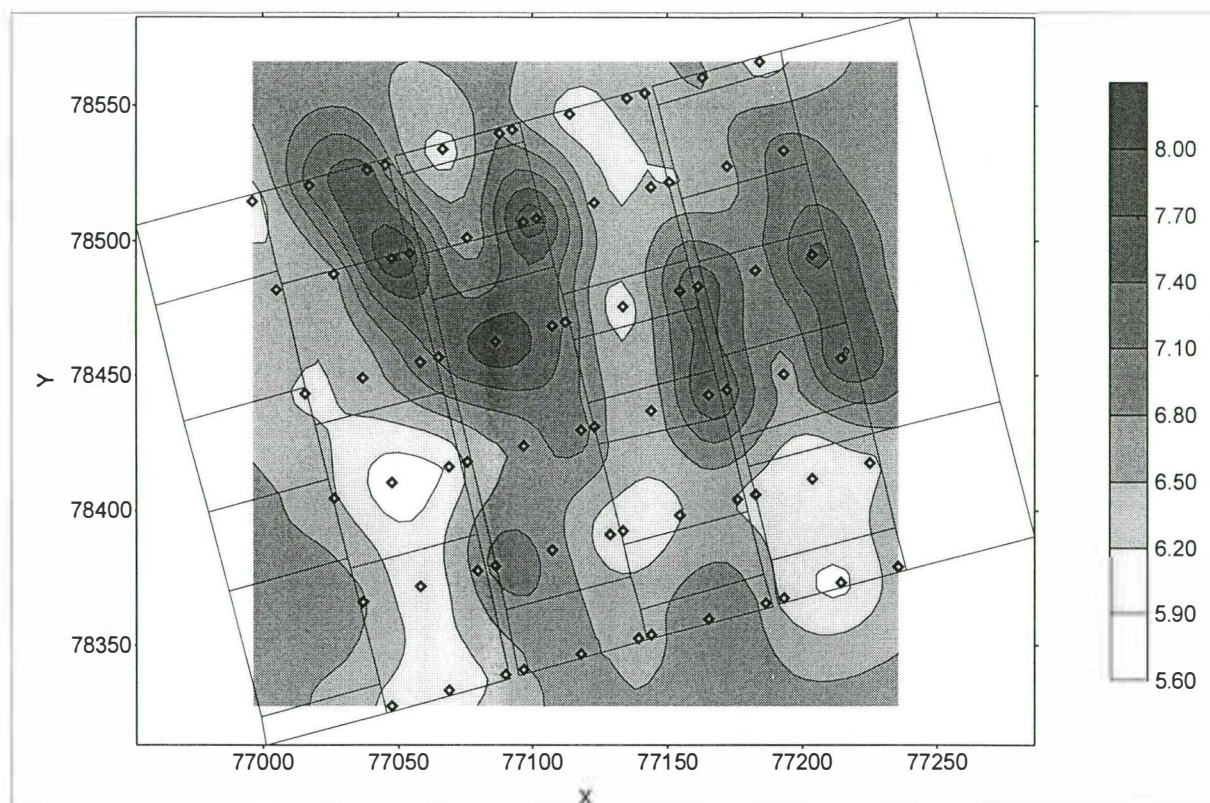


Figure 4.5.10. pH de l'horizon 20-30 cm du secteur étudié de l'arroiseur N1-2g

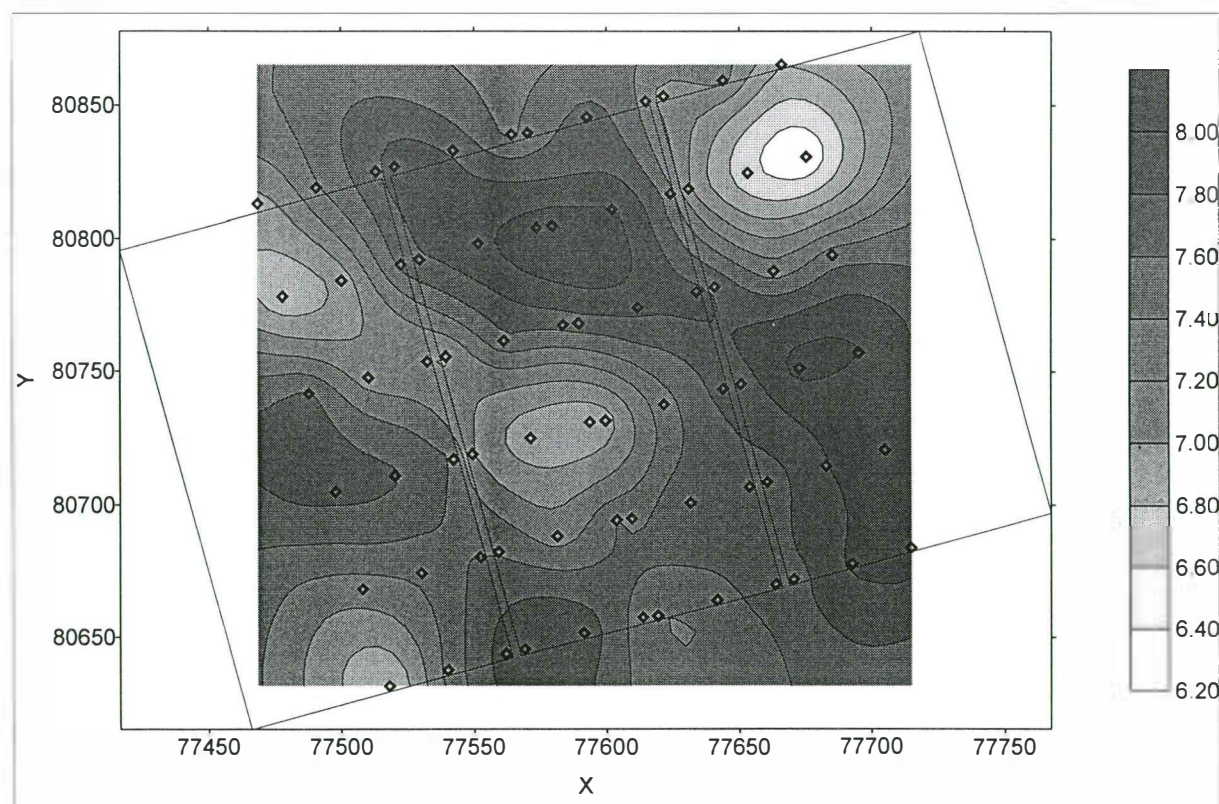


Figure 4.5.11. pH de l'horizon 20-30 cm du secteur étudié de l'arroiseur N1-8d

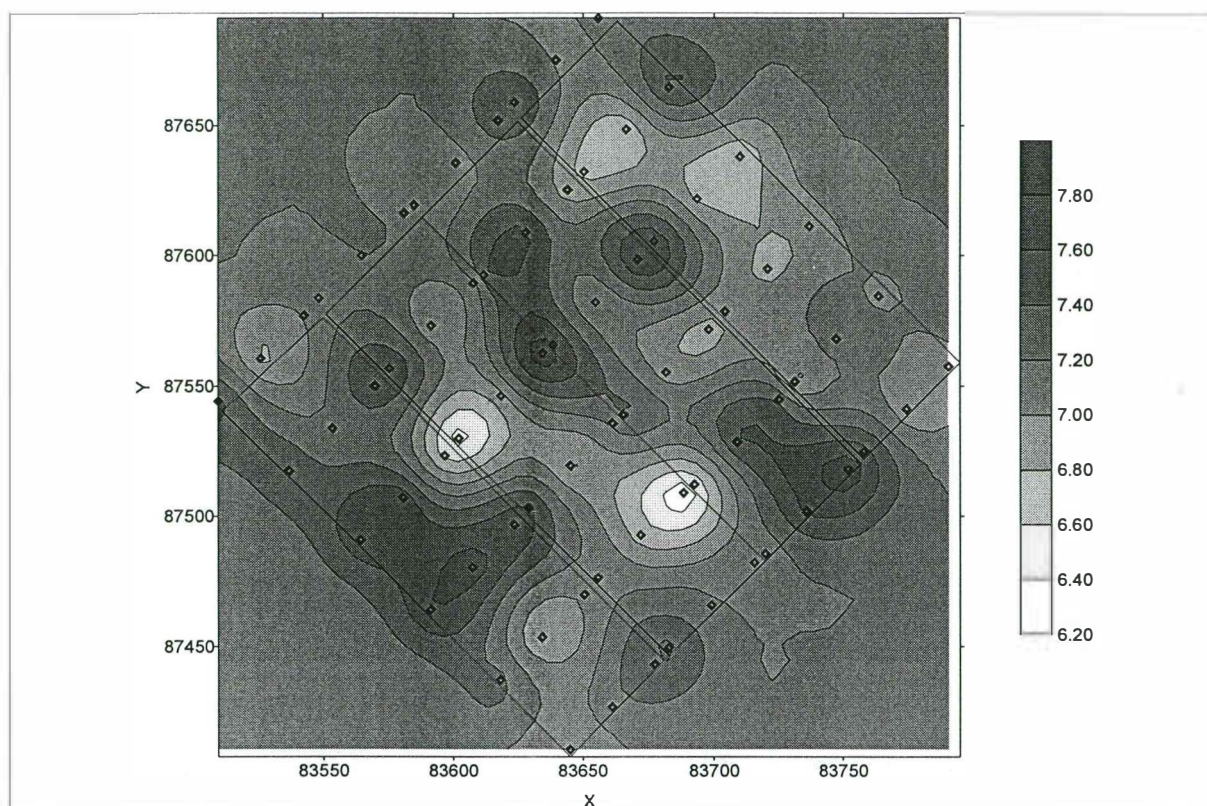


Figure 4.5.12. pH de l'horizon 20-30 cm du secteur étudié de l'arroseur N9-7D-1g

4.6. Faciès géochimique des sols

La relation entre le pH et la conductivité électrique de l'ensemble des échantillons montre un accroissement général du pH avec l'augmentation de la CE et confirme que les sols évoluent dans un contexte d'alcalinisation sous l'influence de l'irrigation (fig. 4.6.1.). Cependant, les résultats mettent aussi en évidence certaines anomalies du "faciès géochimique" que les évolutions attendues d'une concentration progressive des eaux d'irrigation ne semblent pas en mesure d'expliquer:

- Valeurs localement légèrement acides du pH;
- Forte dispersion des valeurs de pH pour un même niveau de concentration, certains échantillons évoluant vers un faciès salin neutre.

Ces différentes observations nous amènent à formuler les hypothèses suivantes. Le faciès géochimique des sols pourrait être influencé par:

- Une autre source de sels d'origine profonde mobilisés par la remontée de la nappe phréatique. Ces sels au faciès salin neutre seraient issus des sédiments du continental terminal (Barral *et al.*, 1996).
- Un mécanisme de production de neutralisation de l'alcalinité. Il pourrait s'agir de mécanismes d'acidification liés:
 - au bilan minéral à l'interface entre la plante et la solution du sol conduisant à une production d'acidité notamment dans un contexte d'alimentation azotée sous forme ammoniacal; ou:
 - à l'existence de processus d'oxydoréduction: phénomène local et résiduel de sulfatation acide ou de cycles périodiques d'oxydation et de réduction (du fer notamment) sous riziculture conduisant à une redistribution du caractère alcalin.
- Les variations de la pCO_2 influençant les évolutions du pH *in situ* et l'alcalinité.

Ces hypothèses devront être approfondies car ces mécanismes sont susceptibles d'intervenir de façon significative dans les bilans et d'influencer l'évolution à terme des sols sous irrigation. Dans ce travail, nous nous contenterons d'une étude descriptive de la variabilité spatiale de ce faciès. Pour ce faire, un nouvel indicateur a été élaboré. Les résidus de la relation linéaire entre le pH et le logarithme de la conductivité électrique ont été étudiés.

La distribution des résidus est normale et centrée (fig. 4.6.2.). L'aplatissement apparaît supérieur dans l'horizon 20-30 cm. Les différents arroseurs se distinguent par des valeurs sensiblement différentes des résidus qui traduisent (fig. 4.6.3.) un faciès géochimique alcalin pour les arroseurs KL3-7d et G5-2d; et un faciès géochimique sensiblement plus neutre pour les autres arroseurs. A niveau de concentration égal, les variations atteignent 5 unités pH entre les valeurs extrêmes mesurées ou plus d'une unité pH en moyenne entre les arroseurs G5-2d et N1-2g. Les variations verticales sont relativement modérées (notamment par rapport aux variations entre arroseurs). Cependant on observe généralement une diminution des résidus dans l'horizon 20-30 cm, correspondant à environ 0.2 unités pH en moyenne.

La variance des résidus augmente sensiblement lorsqu'on évolue vers un faciès neutre (fig. 4.6.4.). Cela mettrait en évidence une opposition entre un processus homogène d'alcalinisation sous l'influence dominante de la concentration progressive des eaux d'irrigation et une hétérogénéité plus importante du milieu lorsque différents processus interviennent pour en modifier le faciès géochimique.

L'étude du modèle de variogramme met en évidence une structure non bornée à l'échelle de l'arroseur et une variance à l'échelle de l'arroseur inférieure à la variance moyenne de l'échantillon (fig. 4.6.5 et 4.6.7, tab. 4.6.1. et 4.6.3.). Cela semble indiquer l'existence d'une structure spatiale de plus grande distance qui pourrait être liée à la variabilité de la qualité des eaux de nappe. A l'échelle du bassin, le modèle de variogramme montre une structure spatiale de courte distance d'une portée est de 12 mètres (fig. 4.6.6. et tab.4.6.2.). Cela indiquerait l'existence d'un phénomène très localisé dont les causes restent à élucider. Enfin, la variance moyenne apparaît plus élevée dans l'horizon 20-30 cm que dans l'horizon 120-130 cm; ce constat conforterait l'hypothèse de l'existence de processus liées à la plante et au système de culture influençant le faciès géochimique des horizons superficiels.

Le faciès géochimique des sols apparaît variable et ne peut s'expliquer par la simple concentration progressive des eaux d'irrigation. Différents phénomènes pourraient être impliqués:

- **Le plus important conduit à une forte différenciation entre les arroseurs. Sa structure spatiale est non bornée à l'échelle de l'arroseur. Ces variations pourraient être liées à la mobilisation de sels d'origine profonde par la nappe influençant le faciès géochimique des sols. Au sein des arroseurs, l'influence relative de deux sources de minéralisation (les eaux de nappe et d'irrigation) conduirait à une certaine variabilité en relation avec le fonctionnement hydrologique de ces formations.**
- **Le second affecterait plus spécifiquement le faciès géochimique des horizons superficiels et pourrait être attribué à différents mécanismes liés aux modalités de gestion du système de culture: gradient de pCO_2 , production d'acidité (ou exportation d'alcalinité) par la culture; redistribution du caractère alcalin liée à différents phénomènes d'oxydoréduction dans l'horizon superficiel.**

Si des arguments géochimiques permettent de conforter la première hypothèse, les autres devront être confirmées par des études complémentaires. Il est particulièrement intéressant de voir dans quelle mesure les pratiques culturales sont susceptibles d'influencer l'évolution du processus général d'alcalinisation des sols de l'Office du Niger.

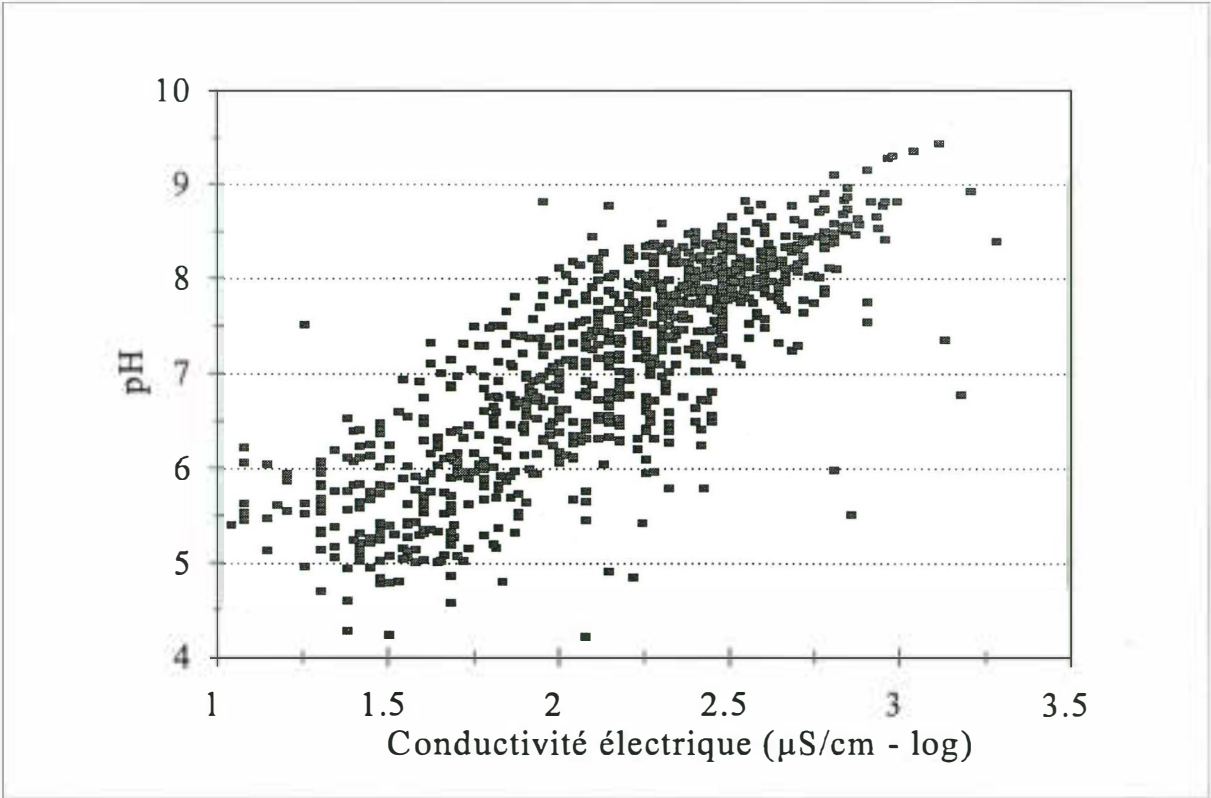


Figure 4.6.1. Relation entre la conductivité électrique et le pH

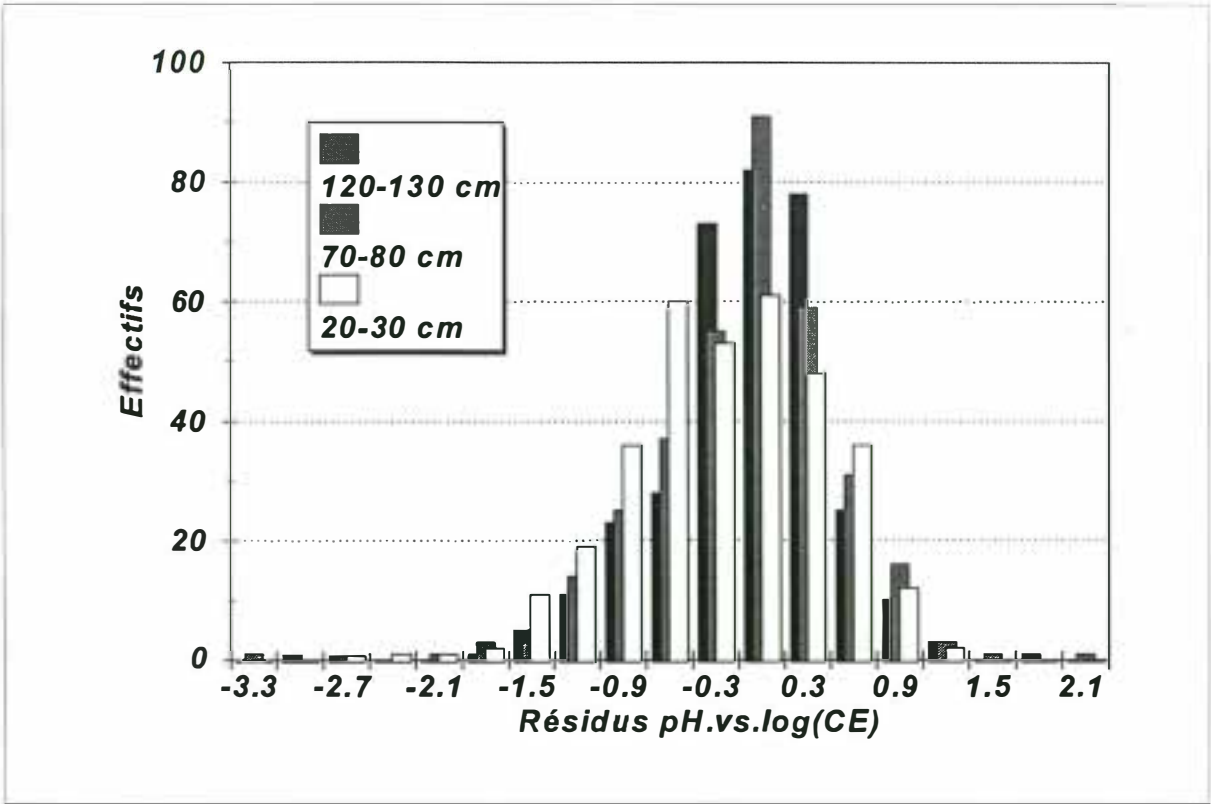


Figure 4.6.2. Histogramme des résidus $\text{pH}.\text{vs}.\log(\text{CE})$

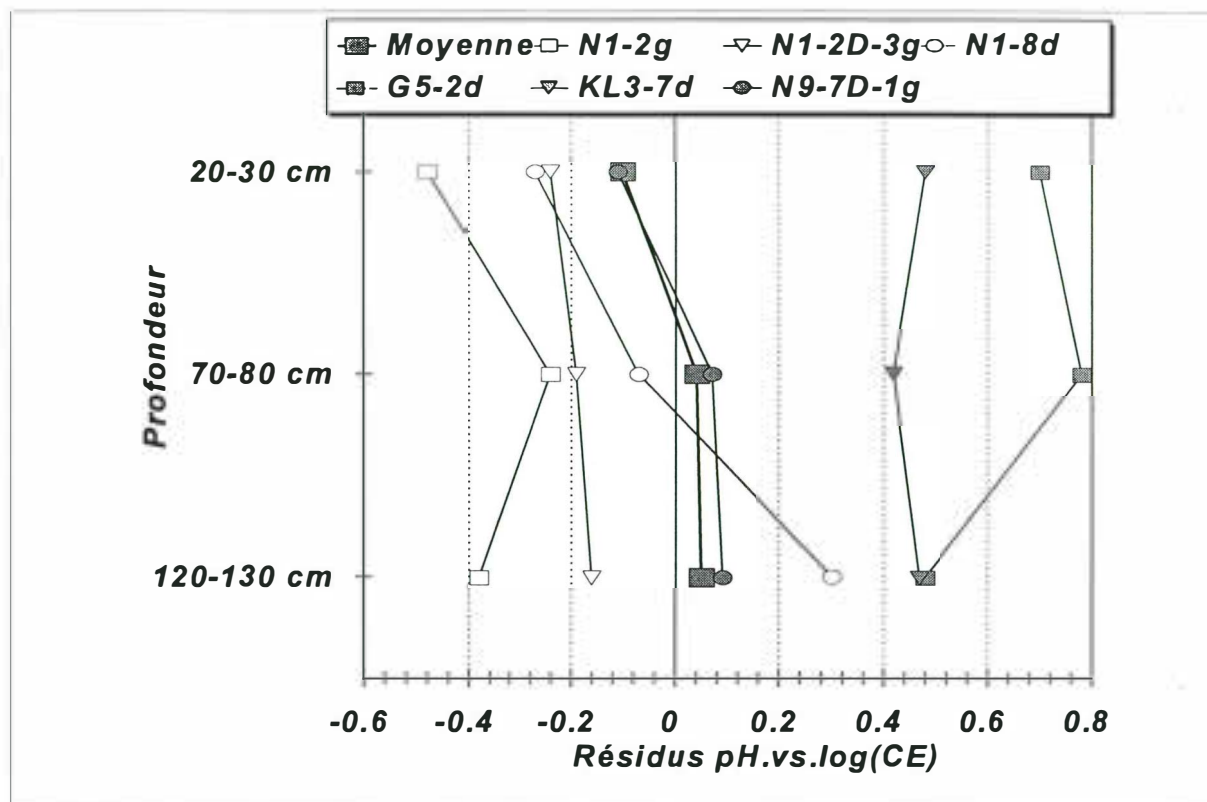


Figure 4.6.3. Profil moyen des valeurs des résidus de la relation pH.vs.log(CE)

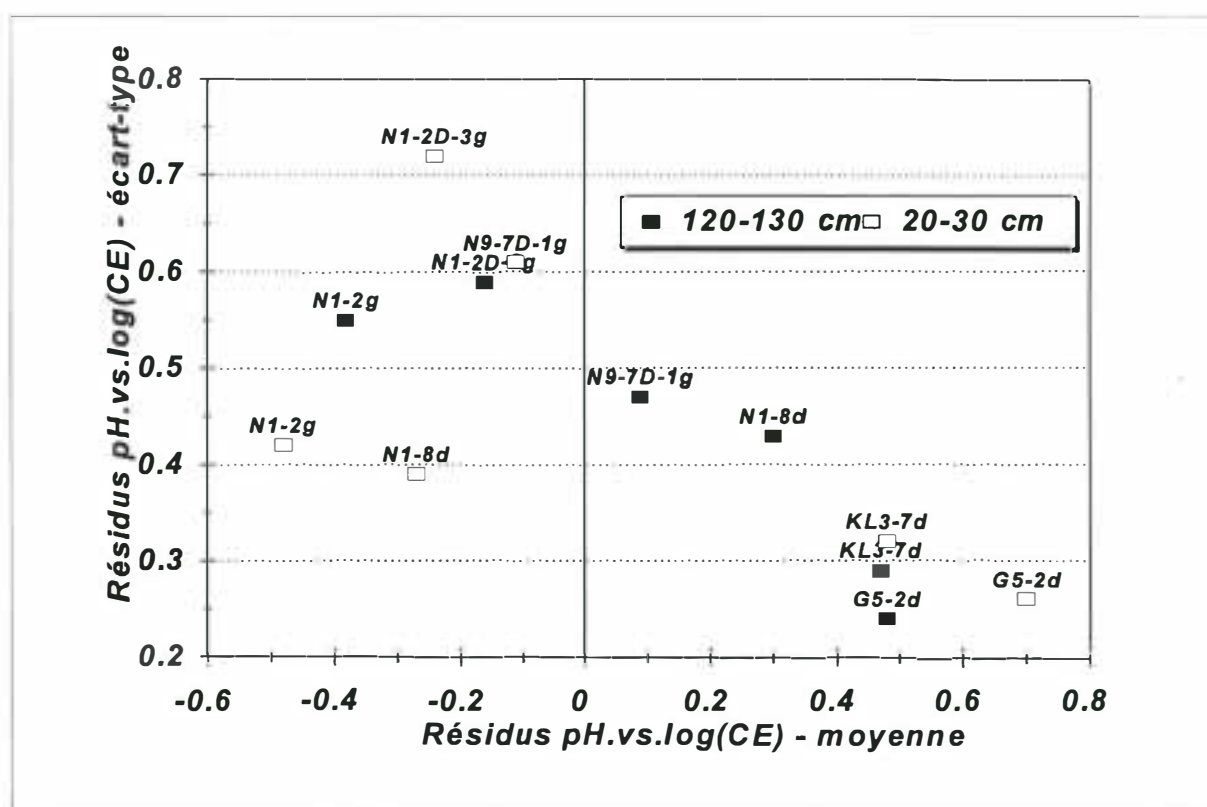


Figure 4.6.4. Résidus pH.vs.log(CE): Relation entre la moyenne et l'écart-type

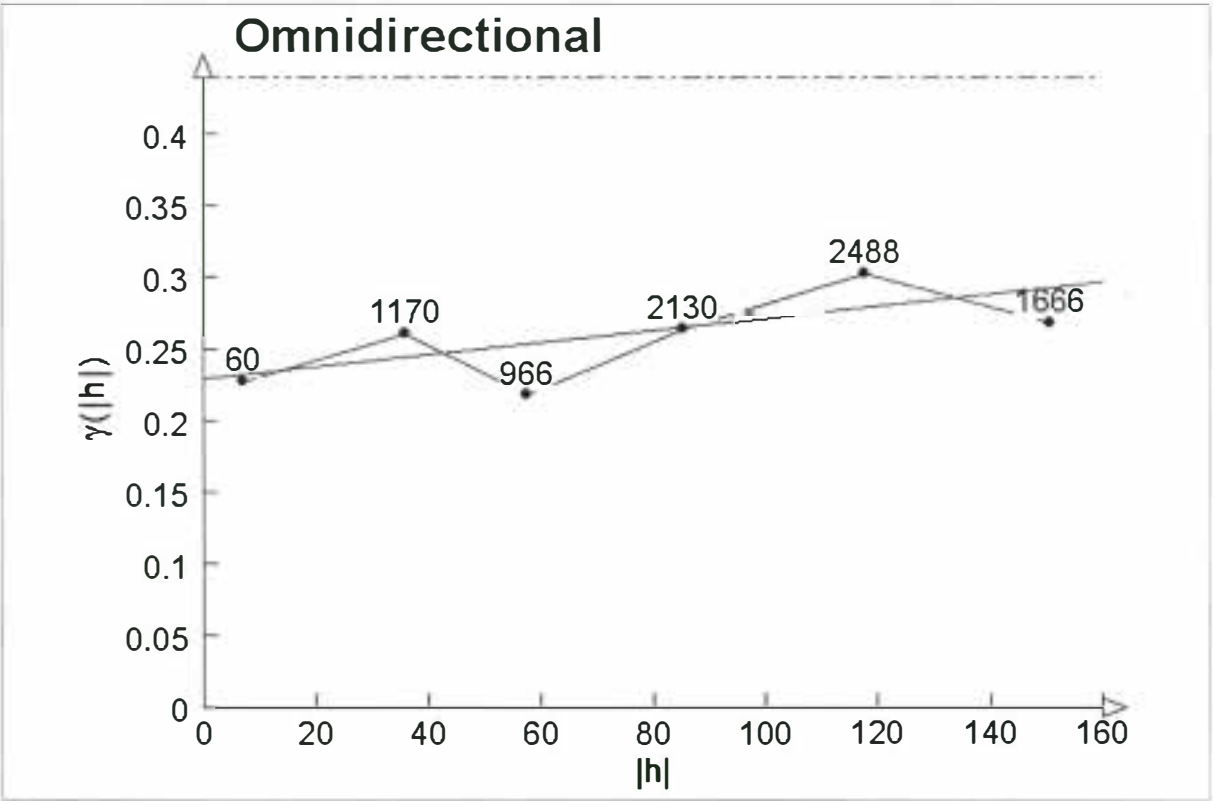


Figure 4.6.5. Modèle de variogramme des résidus pH.vs.log(CE) dans l'horizon 20-30 cm

Tableau 4.6.1. Modèle de variogramme des résidus pH.vs.log(CE) dans l'horizon 20-30 cm à l'échelle de l'arroseur

Arroseurs	Variance Moyenne	Modèle de variogramme			Remarques
		Pépité	Pallier	Portée	
Tous	0.44	0.23	linéaire: $\alpha=0.00042$		Données brutes
N1-2g	0.20	0.12	0.207	38	Données brutes
KL3-7d	0.105	0	0.108	154	Données brutes
G5-2d	0.067	0.0112	0.0728	52	Données brutes
N1-8d	0.157	0.052	0.164	44	Données brutes
N1-2D-3g	0.497	0.125	0.545	95	Données brutes
N9-7D-1g	0.357	0.076	0.376	63	Données brutes

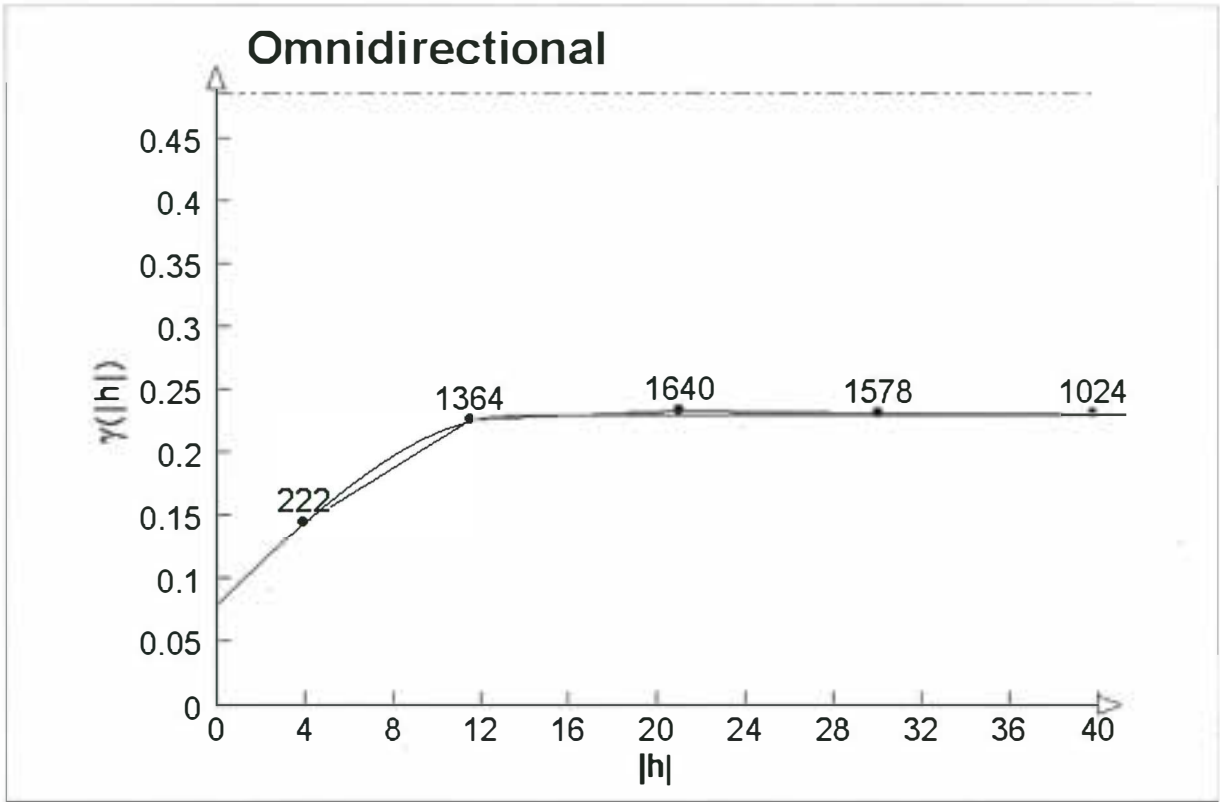


Figure 4.6.6. Modèle de variogramme des résidus $pH.\log(CE)$ dans l'horizon 20-30 cm à l'échelle des bassins

Tableau 4.6.2. Modèle de variogramme des résidus $pH.\log(CE)$ dans l'horizon 20-30 cm à l'échelle des bassins d'irrigation

Arroseurs	Variance Moyenne	Modèle de variogramme			Remarques
		Pépité	Pallier	Portée	
tous rizicoles	0.486	0.080	0.230	13	Données brutes
N1-2g	0.666	0.322	0.392	11	Données brutes
KL3-7d	0.092	0.035	0.117	32	Données brutes
G5-2d	0.057	0.036	0.064	26	Données brutes
N1-8d	0.214	0.132	0.252	25	Données brutes
N1-2D-3g	0.320	0.048	0.324	12.5	Données brutes
N9-7D-1g	0.372	0.204	0.380	11	Données brutes

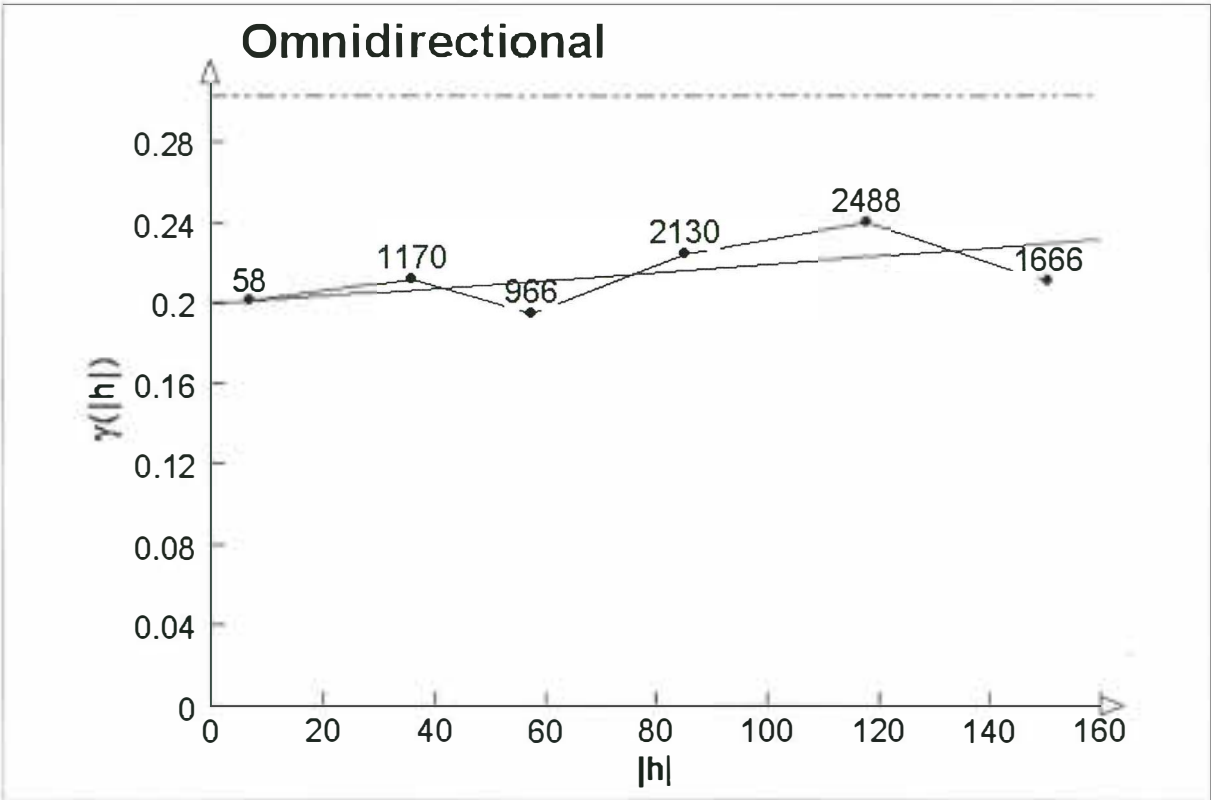


Figure 4.6.7. Modèle de variogramme des résidus $pH.vs.log(CE)$ dans l'horizon 120-130 cm à l'échelle de l'arroseur

Tableau 4.6.3. Modèles de variogramme des résidus $pH.vs.log(CE)$ dans l'horizon 120-130 cm à l'échelle de l'arroseur

Arroseurs	Variance Moyenne	Modèle de variogramme			Remarques
		Pépité	Pallier	Portée	
Tous	0.303	0.200	linéaire: $\alpha=0.00020$		Données brutes
N1-2g	0.291	0.051	0.312	45	Données brutes
KL3-7d	0.086	0.028	0.104	161	Données brutes
G5-2d	0.060	0	0.061	56	Données brutes
N1-8d	0.194	0.076	0.202	66	Données brutes
N1-2D-3g	0.320	0.048	0.324	54	Données brutes
N9-7D-1g	0.205	0.147	0.216	96	Données brutes

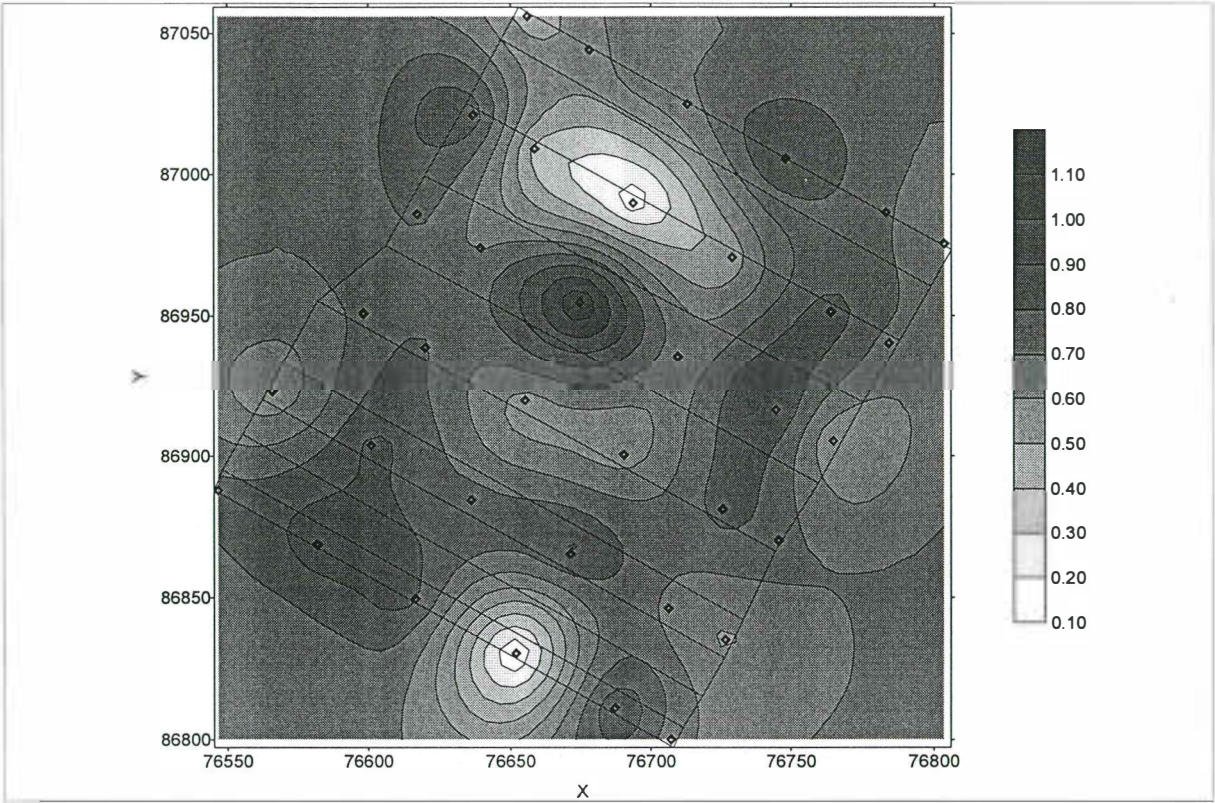


Figure 4.6.8. Résidus pH .vs. $\log(CE)$ dans l'horizon 20-30 cm du secteur étudié de l'arroseur G5-2d

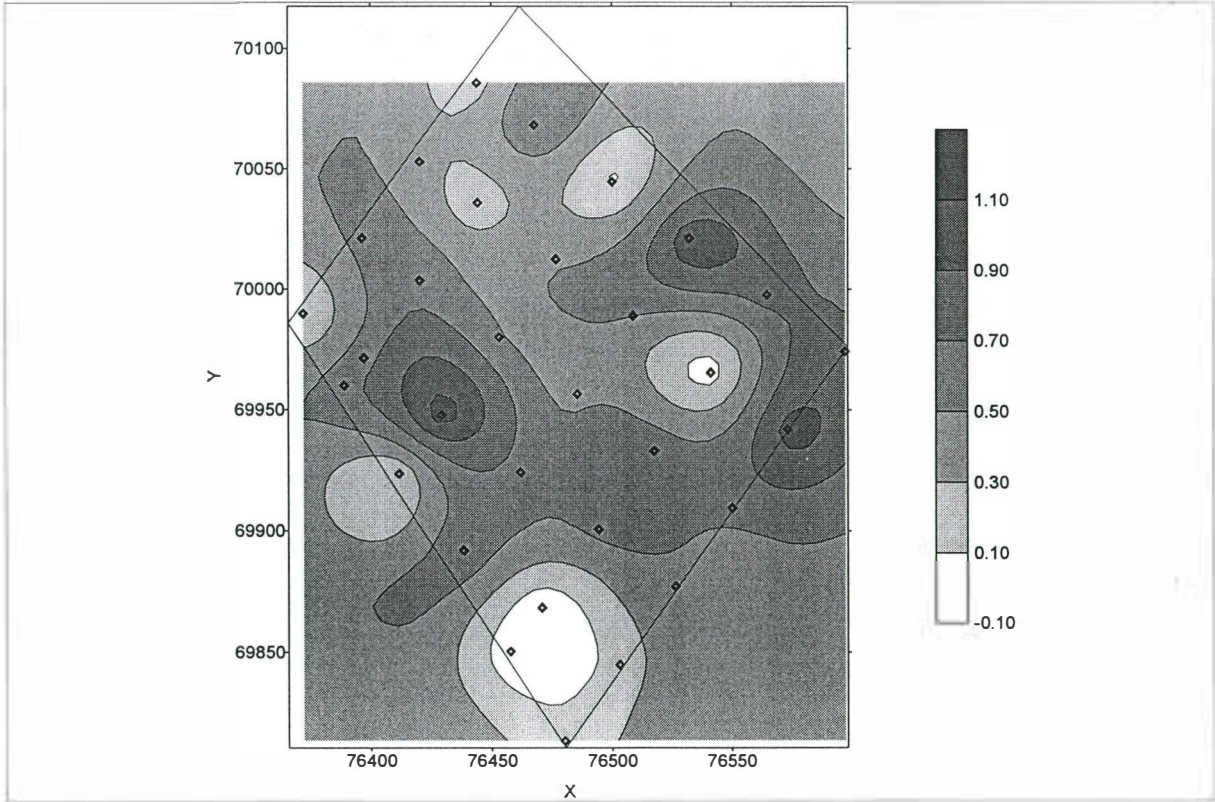


Figure 4.6.9. Résidus pH .vs. $\log(CE)$ dans l'horizon 20-30 cm du secteur étudié de l'arroseur KL3-7d

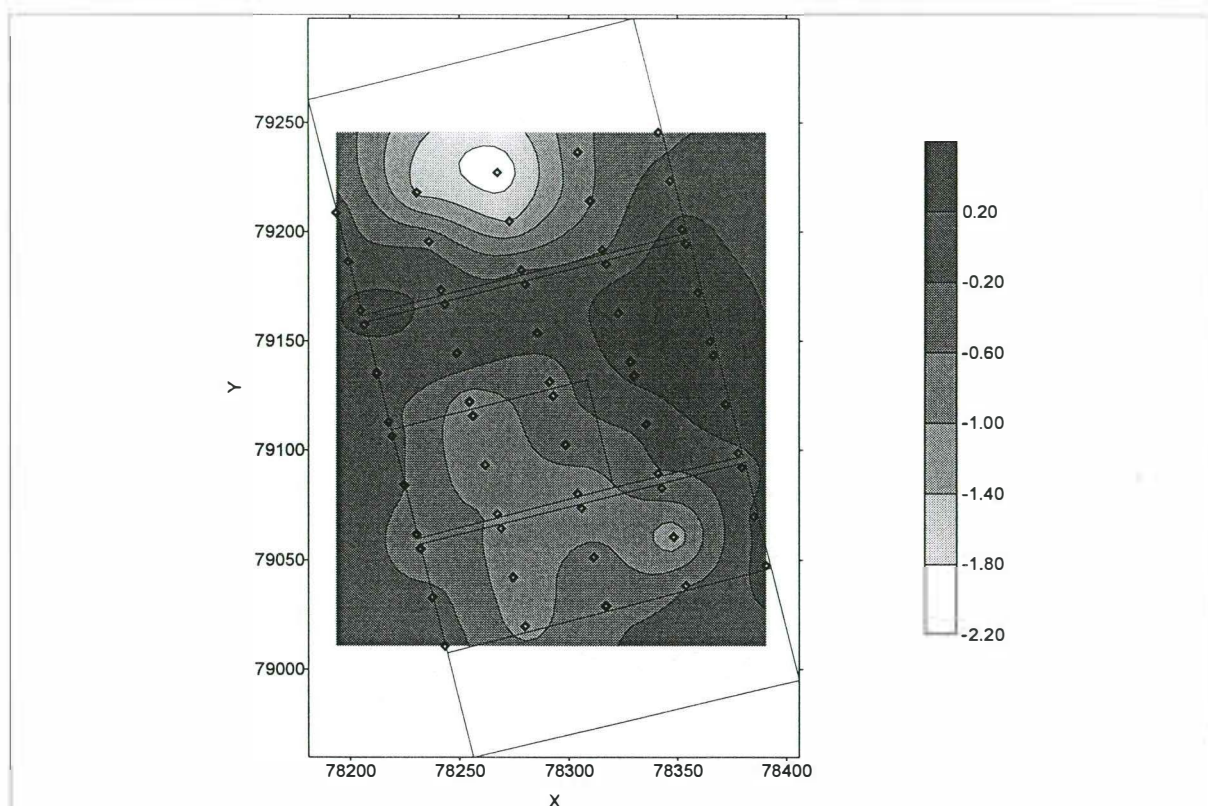


Figure 4.6.10. Résidus pH.vs.log(CE) dans l'horizon 20-30 du secteur étudié de l'arroiseur N1-2D-3g

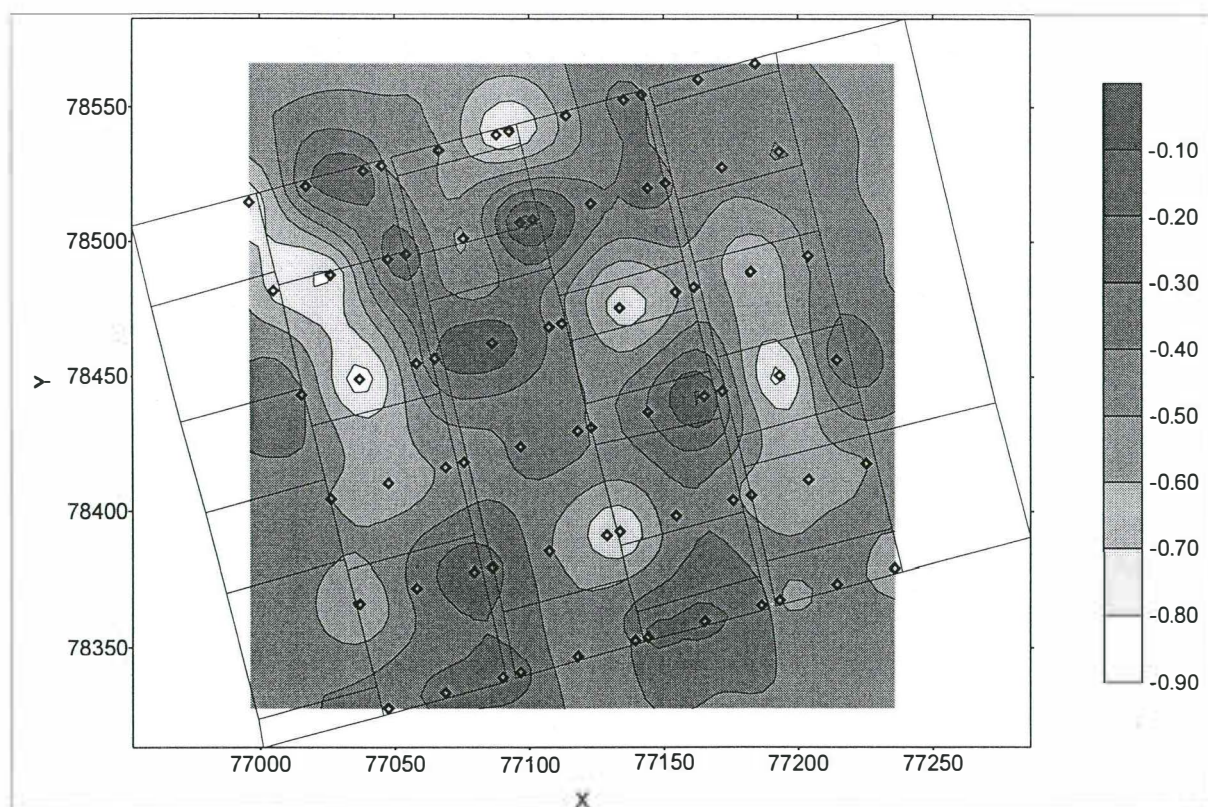


Figure 4.6.11. Résidus pH.vs.log(CE) dans l'horizon 20-30 cm du secteur étudié de l'arroiseur N1-2g

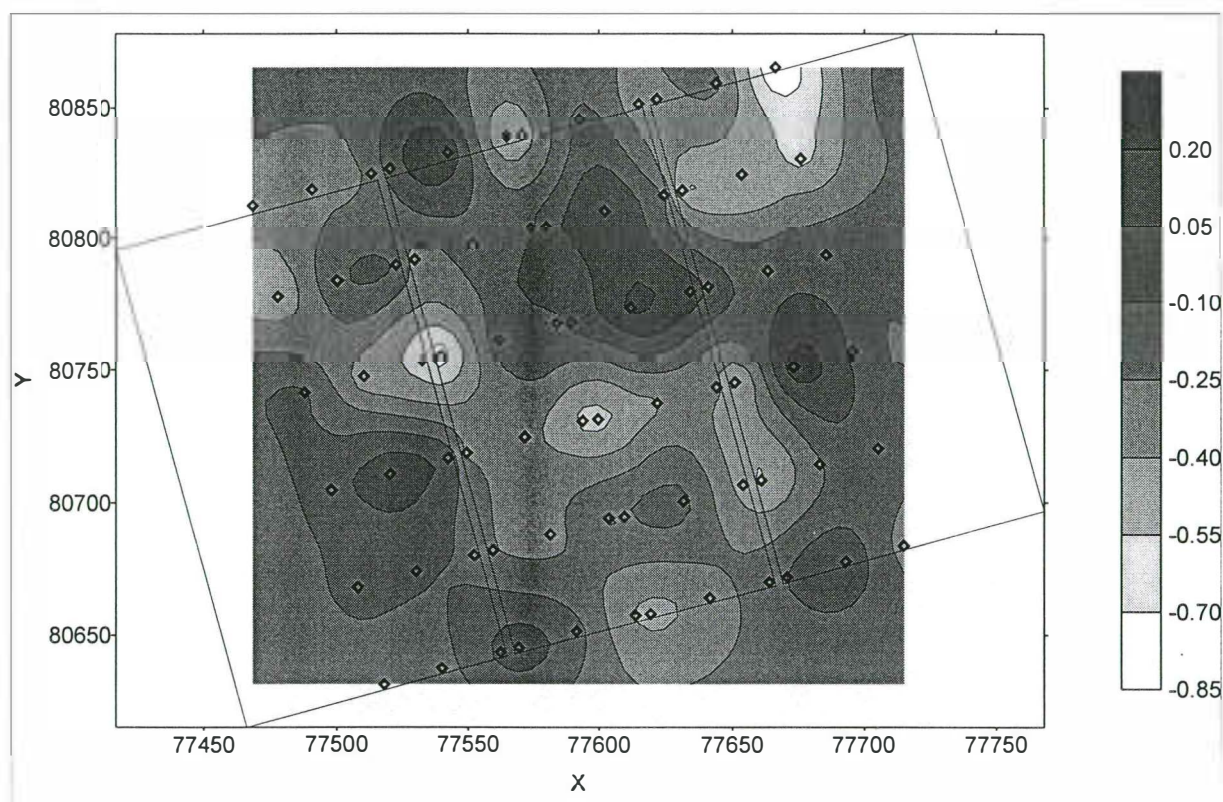


Figure 4.6.12. Résidus pH .vs. $\log(CE)$ dans l'horizon 20-30 cm du secteur étudié de l'arroiseur N1-8d

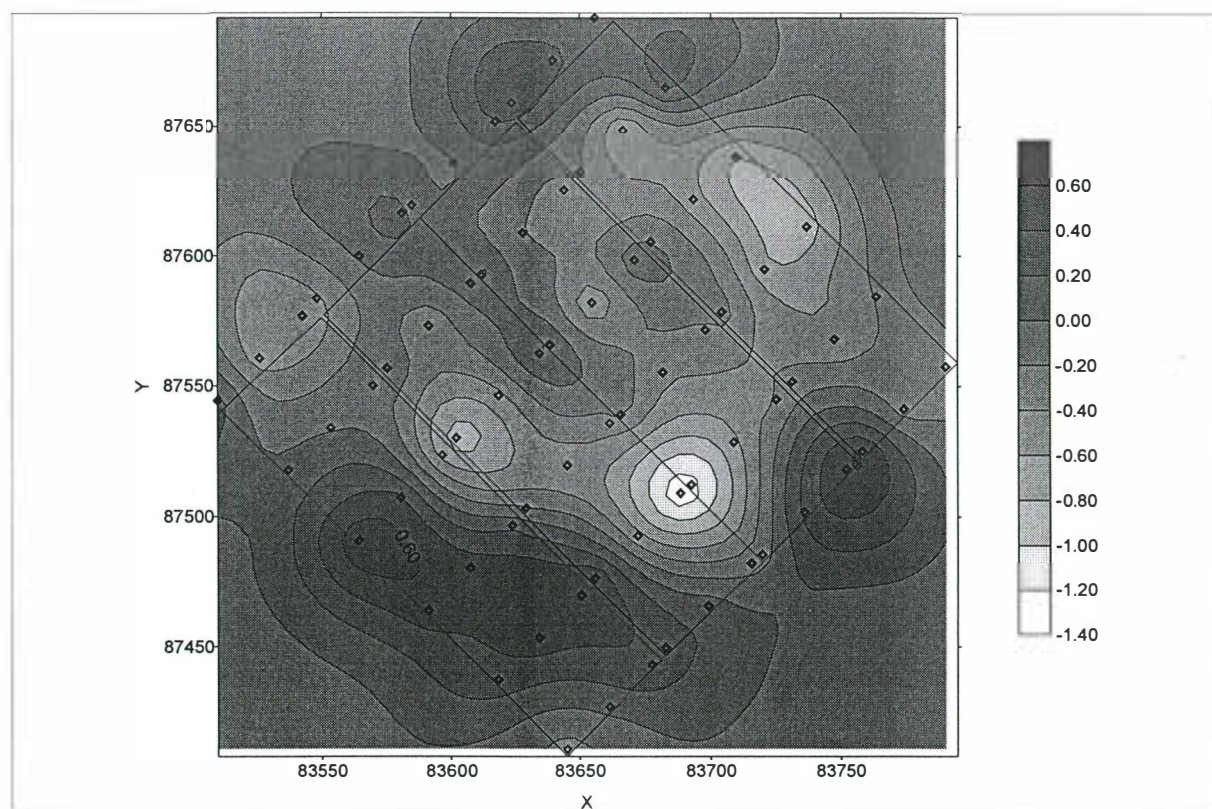


Figure 4.6.13. Résidus pH .vs. $\log(CE)$ dans l'horizon 20-30 cm du secteur étudié de l'arroiseur N9-7D-1g

4.7. Facteurs explicatifs de la dégradation

4.7.1. Approche statistique classique

Parmi les variables testées, aucune influence de la proximité de l'arroseur, du drain d'arroseur ou des rigoles d'arroseur n'a pu être mise en évidence sur les indicateurs de la dégradation que sont la conductivité électrique et le pH. La topographie (altitude relative au sein des secteurs étudiés) et la texture (teneur en sables totaux) contribuent à expliquer pour une part la distribution des caractères salin et alcalin. D'une façon générale, la conductivité électrique et le pH augmentent dans les zones les plus élevées et lorsque la teneur en sable diminue (tab. 4.7.1, 4.7.2, 4.7.4 et 4.7.5). Néanmoins, la part de la variance expliquée reste faible, proche de 20% en moyenne.

L'influence de la topographie est particulièrement sensible dans les secteurs de levée (arroseurs N1-2D-3g et KL3-7d). Elle est non (ou peu) significative dans les zones de cuvettes (G5-2d, N9-7D-1g, N1-8d) ou de deltas terminaux (N1-2g). L'influence de la topographie apparaît aussi significative sur la Conductivité Électromagnétique mesurée sur les arroseurs N4-1g et N9-8D-1d; les parties les plus élevées y apparaissent plus salées, vraisemblablement en raison d'une moindre maîtrise de l'irrigation (assecs ou zones exondées favorisant la concentration des sels et/ou limitant leur lessivage).

A l'inverse, l'influence de la texture apparaît plus sensible sur certains secteurs de cuvettes (N9-7D-1g) ou deltas terminaux (N1-2g); les sols les plus sableux apparaissant moins salés et alcalins que les sols argileux. Deux arroseurs font exception. L'arroseur N1-8d apparaît peu sensible à la fois aux variations d'altitude ou de texture. Sur l'arroseur G5-2d, situé sur une cuvette très argileuse, on observe une augmentation de la conductivité électrique et du pH dans l'horizon 120-130 cm avec l'augmentation de la teneur en sables totaux. Ce comportement atypique indiquerait un fonctionnement hydrologique spécifique au sein de cette formation très argileuse caractérisée par de larges et profondes fentes de retrait pendant les périodes sèches. L'augmentation de la teneur en sables pourrait aussi indiquer une remontée de l'horizon sableux sous-jacent modifiant la dynamique de la nappe phréatique.

Le faciès géochimique des sols apparaît peu influencé par la proximité des arroseurs, drains ou rigoles, et par la topographie ou la texture des sols (tab. 4.7.3. et 4.7.6.). En première analyse, sa distribution serait donc peu liée au fonctionnement hydrologique des formations superficielles.

4.7.2. Approche géostatistique

L'analyse des corrélations spatiales croisées entre variables: covariogramme, permet de conforter et de compléter ces informations:

- Il existe une corrélation spatiale entre l'altitude (topographie) et la conductivité électrique (fig. 4.7.1)

ou le pH (fig. 4.7.2) d'une portée de l'ordre de 100 mètres à l'échelle des secteurs étudiés. La covariance est positive; les points hauts apparaissent les plus salés et les plus alcalins. Ces corrélations tendent à diminuer de la surface (horizon 20-30 cm) vers la profondeur (horizon 120-130 cm);

- En surface (horizon 20-30 cm), il n'existe pas de corrélations spatiales entre la texture (teneur en sables) et la conductivité électrique ou le pH. A l'échelle de l'arroiseur, la variabilité de la texture ne permette pas d'expliquer les variations de la conductivité électrique et du pH même si les sols les plus sableux apparaissent globalement comme les moins salés et les moins alcalins (cf. Analyse statistique classique) comme le confirme les valeurs négatives de la covariance;
- En profondeur (horizon 120-130 cm), les corrélations spatiales entre la texture et la conductivité électrique (fig. 4.7.4) et le pH (fig. 4.7.5) se manifestent clairement.
- Il existe une nette corrélation spatiale entre le faciès géochimique des sols [résidus pH.vs.log(CE)] et l'altitude (fig. 4.7.3) et la texture (fig. 4.7.6) à l'échelle de l'arroiseur alors que ces variables n'apparaissent que très peu corrélées dans l'analyse statistique classique. Les valeurs positives de la covariance indiquent que les points hauts et les sols les plus sableux sont caractérisés par un faciès géochimique plus alcalin à l'échelle de l'arroiseur. Ces corrélations spatiales tendent à diminuer de la surface vers la profondeur. Dans l'analyse classique intégrant l'ensemble des arroiseurs, la principale source de variance est liée aux différences de faciès géochimique entre les arroiseurs.

Les valeurs élevées de la conductivité électrique et du pH, ainsi que les faciès géochimiques les plus alcalins, se manifestent préférentiellement sur les points hauts. Ces conditions favorisent la dégradation des sols, vraisemblablement en raison d'une maîtrise déficiente de l'irrigation.

L'influence de la texture est plus nuancée. Les sols les plus sableux apparaissent globalement comme les moins affectés par les problèmes d'alcalinisation. Les variations du faciès géochimique semblent principalement influencées par des différences de faciès entre arroiseurs, vraisemblablement liées à des variations de la qualité des eaux de nappe. A l'échelle des secteurs étudiés, la texture ne permet d'expliquer la distribution spatiale des caractères salins et alcalins que dans les horizons profonds. Dans les horizons de surface, la distribution spatiale du pH et de la CE apparaît indépendante de la texture. Cependant, le faciès géochimique des sols les plus sableux apparaît plus alcalin, vraisemblablement lié à un moindre pouvoir tampon de ces sols vis à vis des phénomènes d'alcalinisation.

Tableau 4.7.1. Facteur explicatif de la conductivité électrique (log - $\mu\text{S}/\text{cm}$) dans l'horizon 20-30 cm ou de la CEM (mS/m) sur les arroseurs N4-1g et N9-8D-1d

Arroseurs	Effectifs	Altitude (mètres)	Sables totaux à 20 cm (%)	Régression R^2
Tous	343	1.21 (***)	-0.0091 (***)	0.187 (***)
G5-2d	36	NS	+0.015 (**)	0.262 (**)
KL3-7d	31	2.06 (*)	-0.011 (*)	0.255 (*)
N1-2D-3g	60	1.86 (**)	NS	0.172 (**)
N1-2g	72	NS	-0.008 (*)	0.068 (*)
N1-8d	72	0.508 (*)	-0.007 (*)	0.115 (*)
N9-7D-1g	72	NS	-0.026 (***)	0.228 (***)
N4-1g	656	17.5 (***)		0.078 (***)
N9-8D-1d	280	10.0 (***)		0.09 (***)

Significatif au seuil de 0.05 (*), de 0.01 (**) ou de 0.001 (***)

Tableau 4.7.2. Facteur explicatif du pH dans l'horizon 20-30 cm

Arroseurs	Effectifs	Altitude (mètres)	Sables totaux à 20 cm (%)	Régression R^2
Tous	343	4.05 (***)	-0.020 (***)	0.196 (***)
G5-2d	36	NS	NS	NS
KL3-7d	31	4.58 (*)	NS	0.123 (*)
N1-2D-3g	60	7.47 (***)	NS	0.349 (***)
N1-2g	72	NS	-0.019 (*)	0.063 (*)
N1-8d	72	1.68 (*)	-0.013 (*)	0.086 (*)
N9-7D-1g	72	NS	NS	NS

Significatif au seuil de 0.05 (*), de 0.01 (**) ou de 0.001 (***)

Tableau 4.7.3. Facteur explicatif des résidus pH.vs.log(CE) dans l'horizon 20-30 cm

Arroseurs	Effectifs	Altitude (mètres)	Sables totaux à 20 cm (%)	Régression R ²
Tous	343	1.54 (**)	NS	0.028 (**)
G5-2d	36	NS	-0.024 (**)	0.231 (**)
KL3-7d	31	NS	NS	NS
N1-2D-3g	60	5.13 (**)	0.019 (**)	0.393 (***)
N1-2g	72	NS	NS	NS
N1-8d	72	NS	NS	NS
N9-7D-1g	72	NS	NS	NS

Significatif au seuil de 0.05 (*), de 0.01 (**) ou de 0.001 (***)

Tableau 4.7.4. Facteur explicatif de la conductivité électrique ($\mu\text{S}/\text{cm}$ - log) dans l'horizon 120-130 cm

Arroseurs	Effectifs	Altitude (mètres)	Sables totaux à 20 cm (%)	Régression R ²
Tous	343	1.54 (***)	-0.011 (***)	0.197 (***)
G5-2d	36	NS	0.013 (**)	0.185 (**)
KL3-7d	31	2.73 (*)	-0.015 (**)	0.278 (**)
N1-2D-3g	60	2.69 (***)	-0.006 (*)	0.326 (***)
N1-2g	72	NS	-0.017 (***)	0.218 (***)
N1-8d	72	NS	-0.013 (**)	0.166 (**)
N9-7D-1g	72	NS	-0.026 (***)	0.228 (***)

Significatif au seuil de 0.05 (*), de 0.01 (**) ou de 0.001 (***)

Tableau 4.7.5. Facteur explicatif du pH dans l'horizon 120-130 cm

Arroseurs	Effectifs	Altitude (mètres)	Sables totaux à 20 cm (%)	Régression R ²
Tous	343	3.59 (***)	-0.038 (***)	0.222 (***)
G5-2d	36	NS	0.016 (**)	0.187 (**)
KL3-7d	31	7.66 (**)	-0.027 (*)	0.289 (**)
N1-2D-3g	60	7.17 (***)	-0.022 (**)	0.349 (***)
N1-2g	72	NS	-0.038 (***)	0.146 (***)
N1-8d	72	NS	NS	NS
N9-7D-1g	72	NS	-0.036 (***) ⁽¹⁾	0.138 (***)

Significatif au seuil de 0.05 (*), de 0.01 (**) ou de 0.001 (***)- (1) Sables totaux à 120 cm

Tableau 4.7.6. Facteur explicatif des résidus pH.vs.log(CE) dans l'horizon 120-130 cm

Arroseurs	Effectifs	Altitude (mètres)	Sables totaux à 20 cm (%)	Régression R ²
Tous	343	NS	-0.011 (***)	0.036 (***)
G5-2d	36	NS	NS	NS
KL3-7d	31	NS	NS	NS
N1-2D-3g	60	NS	NS	NS
N1-2g	72	NS	NS	NS
N1-8d	72	NS	NS	NS
N9-7D-1g	72	NS	0.024 (*)	0.085 (*)

Significatif au seuil de 0.05 (*), de 0.01 (**) ou de 0.001 (***)

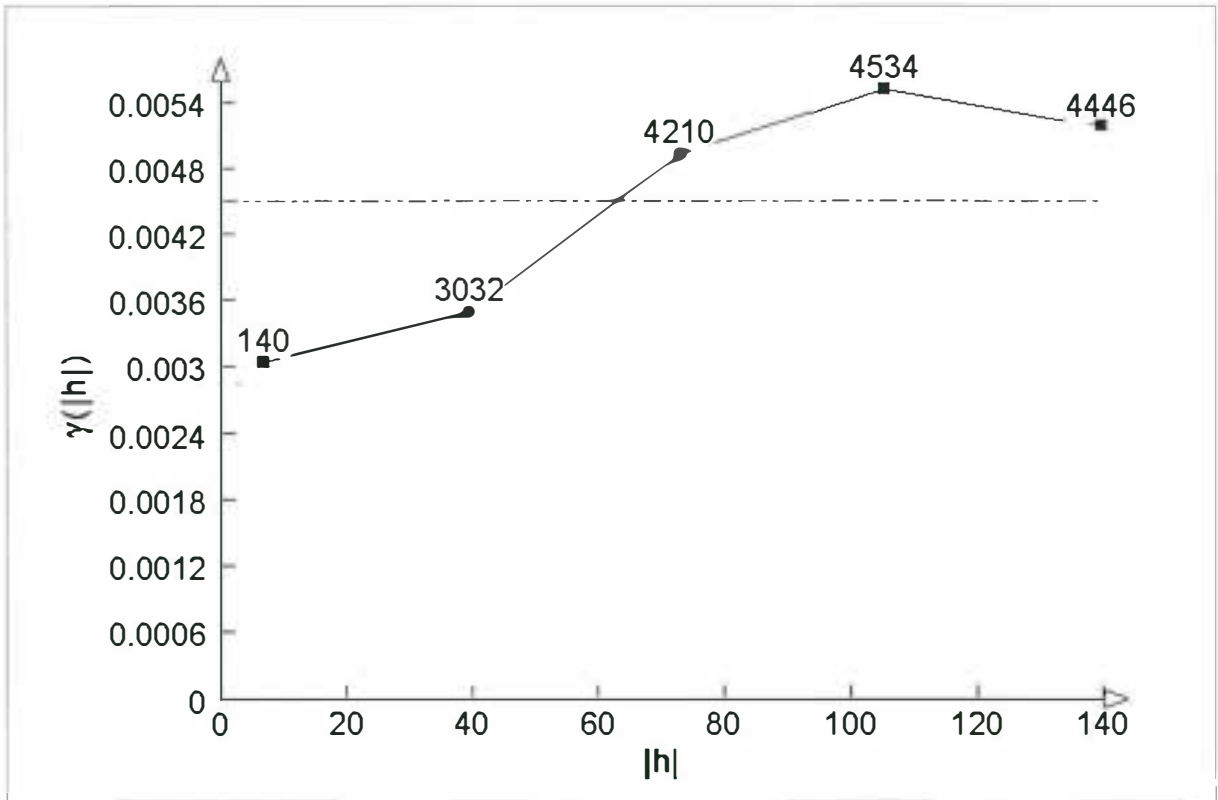


Figure 4.7.1. Variogramme croisé (covariogramme) entre l'altitude (m) et la conductivité électrique ($\mu\text{S}/\text{cm} - \log$) dans l'horizon 20-30 cm

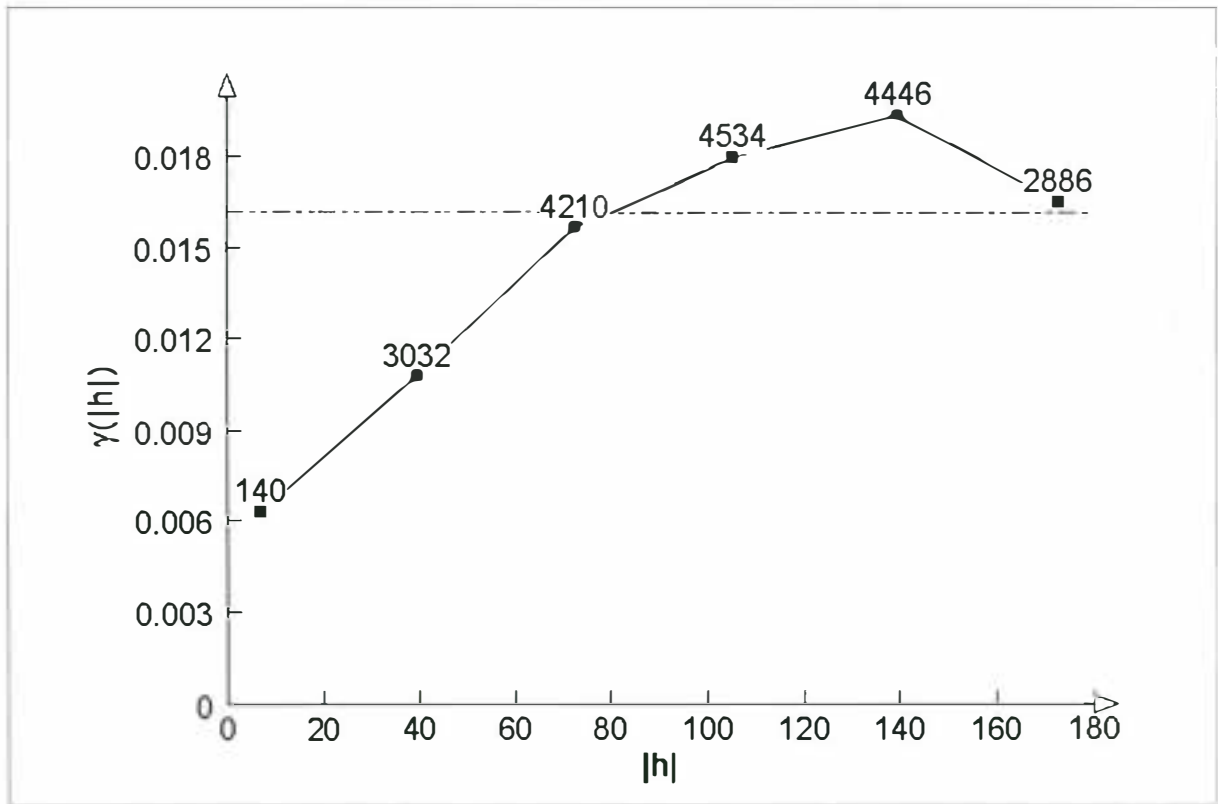


Figure 4.7.2. Variogramme croisé (covariogramme) entre l'altitude (m) et le pH dans l'horizon 20-30 cm

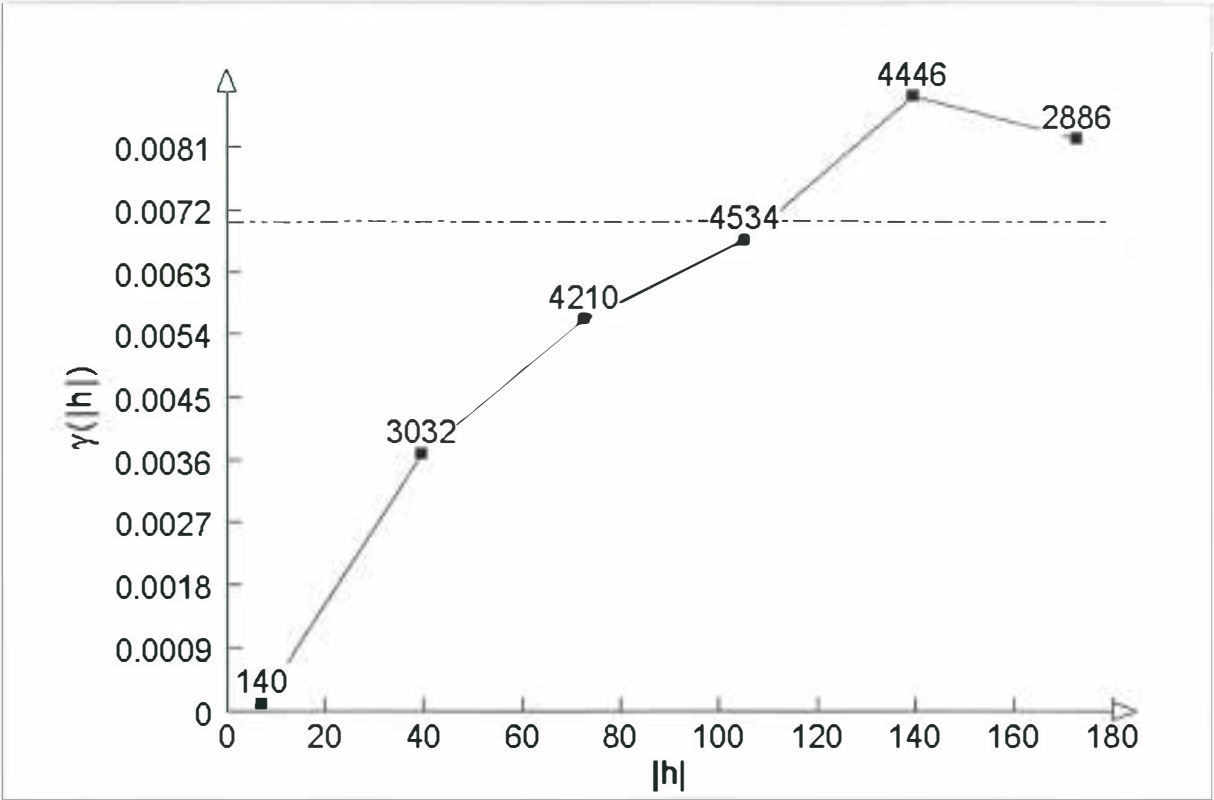


Figure 4.7.3. Variogramme croisé (covariogramme) entre l'altitude (m) et les résidus pH.vs.log(CE) dans l'horizon 20-30 cm

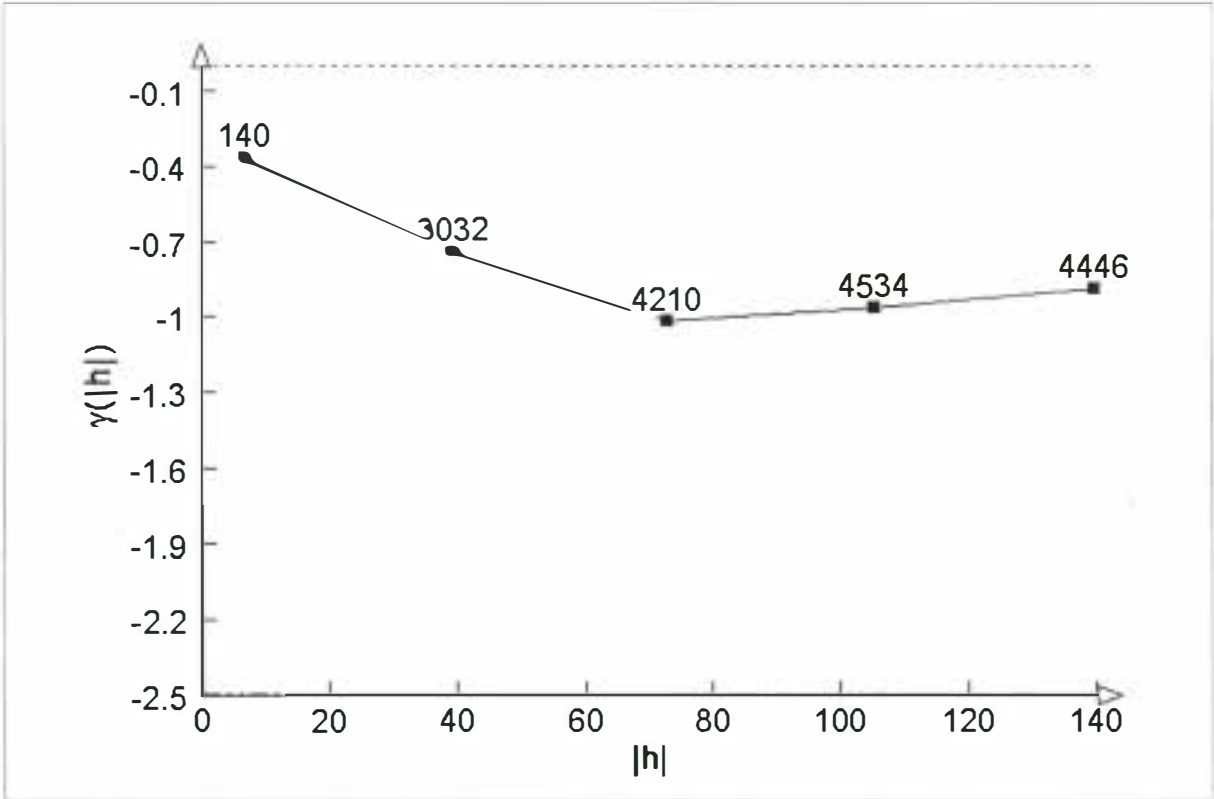


Figure 4.7.4. Variogramme croisé (covariogramme) entre la teneur en sables (%) dans l'horizon 20-30 cm et la conductivité électrique ($\mu\text{S}/\text{cm} - \log$) dans l'horizon 120-130 cm

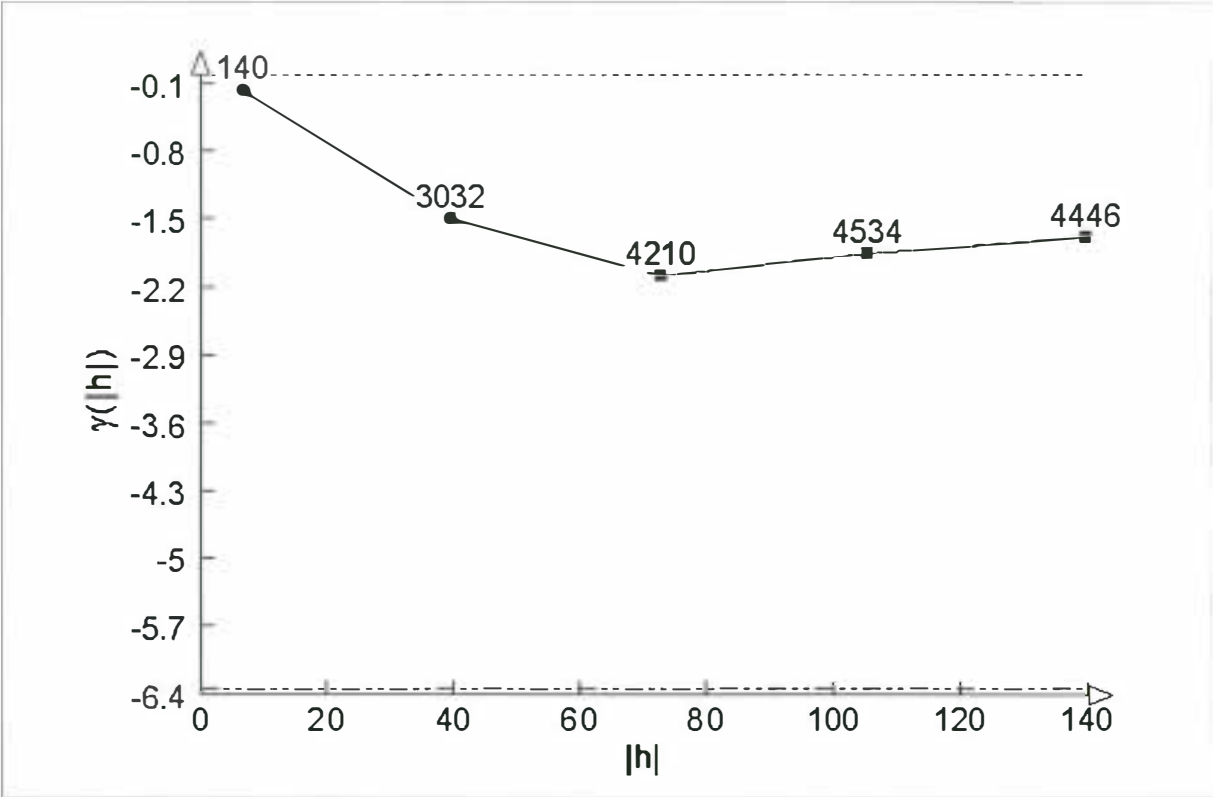


Figure 4.7.5. Variogramme croisé (covariogramme) entre la teneur en sables (%) dans l'horizon 20-30 cm et le pH dans l'horizon 120-130 cm

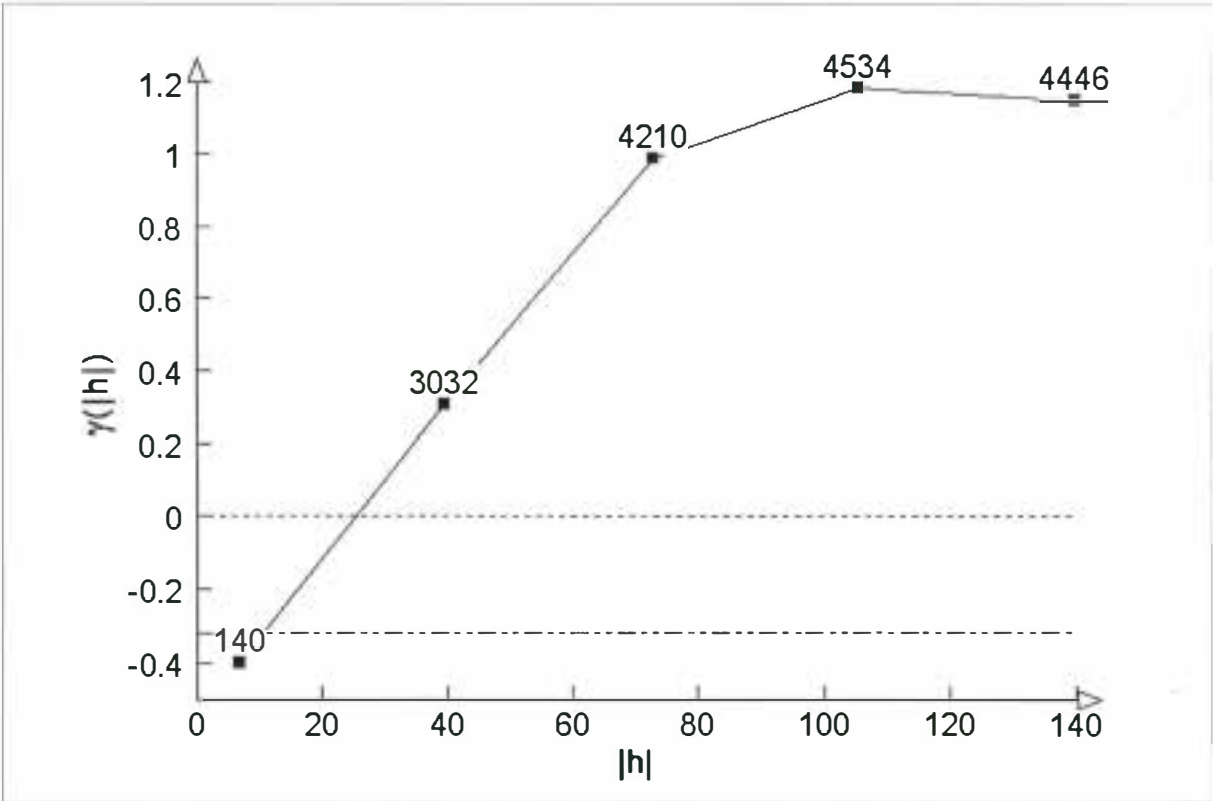


Figure 4.7.6. Variogramme croisé (covariogramme) entre la teneur en sables (%) et les résidus pH.vs.log(CE) dans l'horizon 20-30 cm

4.8. Variabilité spatiale des propriétés physico-chimiques

L'étude de la variabilité spatiale des sols réalisée en 1997 a été poursuivie en 1998 sur le secteur étudié de l'arroseur N1-2D-3g. Ce secteur a été retenu parce qu'il présentait la plus grande variabilité du point de vue de la texture et des propriétés chimiques. Par rapport aux travaux de 1997, des mesures supplémentaires ont été réalisées:

- Caractérisation des propriétés physiques dans l'horizon 20-30 cm en complément de la mesure de la teneur en sables, du pH et de la conductivité électrique (extrait 1:2.5) à raison d'une mesure tous les 25 mètres: perméabilité des sols à l'aide d'un perméamètre de Guelph et d'un infiltromètre à succion contrôlée; mesure de la densité apparente par prélèvement de cylindres non remaniés de 250 cc.
- Mesure de la teneur en sables totaux, du pH et de la conductivité électrique de l'horizon 0-10 cm à raison d'une mesure tous les 25 mètres.
- Mesure de la conductivité électromagnétique (verticale et horizontale) à raison d'une mesure tous les 12.5 mètres.

Les résultats bruts sont présentés en annexe et l'analyse statistique des résultats est présentée dans le tableau 4.8.1.

Les teneurs en sables mesurées confirment les résultats de 1997:

- importantes variations de la teneur en sables de 20% à 80% environ à l'échelle de 3-4 hectares;
- augmentation de la teneur moyenne en sables vers la surface; et:
- distribution normale de la teneur en sables.

La conductivité électrique reste modérée quoique pouvant atteindre 1600 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (soit une CE équivalente sur pâte saturée supérieure à 4 dS/m). La concentration de la solution du sol augmente vers la surface mettant en évidence un flux ascendant (remontées capillaires). La conductivité électrique des extraits présente une distribution log-normale, contrairement à la conductivité électromagnétique qui présente une distribution normale.

Les mesures mettent en évidence une très forte variabilité du pH: valeurs extrêmes de 4.55 à 9.82! Alors que la CE augmente vers la surface, le pH décroît très sensiblement; la différence entre les horizons 0-10 cm et 20-30 cm est supérieure à 1 unité pH. Les relations entre la conductivité électrique et le pH ont été représentées pour les horizons 0-10 cm (fig. 4.8.1) et 20-30 cm (fig.4.8.2.), et comparées à la régression obtenue à partir de l'ensemble des résultats 1997. La différence avec cette droite de régression a été calculée [résidus $\text{pH}.\text{vs}.\log(\text{CE})$]. Dans l'horizon 20-30 cm, le faciès géochimique apparaît alcalin et les valeurs des résidus sont positives. Dans l'horizon 0-10 cm, le faciès géochimique est très variable, neutre pour la plus grande partie des points tandis que quelques-uns présentent un faciès alcalin. La différence moyenne entre les deux horizons correspond à 1.42 unités pH.

Les valeurs de densité apparente sont très importantes (moyenne de 1.86) et signifieraient une porosité totale très faible proche de 30% en fonction d'une densité réelle définie égale à 2.65. Il n'est pas exclu que le séchage de ces échantillons à l'étuve ait été insuffisant conduisant à une surestimation de la densité apparente. La densité apparente est significativement plus élevée sur les sols les plus sableux (fig. 4.8.6.).

Les mesures réalisées à l'infiltromètre à succion contrôlée montrent une valeur médiane de $3.8.10^{-7}$ m/s (soit environ 33 mm/j). Cette valeur est modérée mais pas excessivement basse; elle est inférieure aux vitesses d'infiltration de la lame d'eau mesurée dans les bassins rizicoles. La perméabilité du sol ne contrôle pas la vitesse d'infiltration de la lame d'eau lorsque le sol est saturé suite à la remontée de la nappe. On n'observe aucune relation significative avec les autres variables mesurées.

L'utilisation du perméamètre de Guelph s'est avérée beaucoup plus délicate. Sur un certain nombre de sites, aucun écoulement mesurable (pas de bullage de l'appareil) n'a pu être obtenu. Il s'agissait de sites dont l'humidité restait encore importante dans l'horizon 20-30 cm après plus de 3 mois sans irrigation: le potentiel matriciel y est très faible ou le sol a pu être lissé ou tassé lors de la préparation du trou de tarière. Même lorsque la mesure a pu être réalisée, le calcul de la perméabilité ou du potentiel matriciel, basé sur 2 mesures successives avec des charges d'eau de 5 cm puis 10 cm, donne le plus souvent des résultats aberrants vraisemblablement liés à l'existence de zone d'écoulement préférentiel dans un sol globalement peu perméable. Nous avons néanmoins pu calculer une conductivité hydraulique à saturation médiane de $4,9.10^{-7}$ ms⁻¹ à partir des valeurs médianes des vitesses d'infiltration mesurées pour des charges de 5 et 10 cm. Cette valeur est très proche de celle mesurée à l'infiltromètre à succion contrôlée et confirme qu'un tel ordre de grandeur doit être considéré. La vitesse d'infiltration mesurée pour une charge de 5 cm est apparue significativement corrélée au pH (fig. 4.8.7.). A partir d'une valeur de pH 7.5, on observe une diminution de la vitesse d'infiltration, divisée par 4 ou 5 environ.

La structure spatiale a été étudiée à travers l'étude du variogramme de l'ensemble des variables étudiées (tableau 4.8.2.). Les propriétés physiques des sols (perméabilité, densité apparente,...) ou la conductivité électrique (de l'horizon superficiel essentiellement) montre un effet pépité de même niveau que la variance moyenne de sorte que le modèle de variogramme ne met en évidence aucune structure spatiale. Les cartes (figures 4.8.9.à 4.8.16) ont été obtenues à partir des modèles de variogramme présentés (tab. 4.8.2.).

Tableau 4.7.1. Analyse statistique des résultats

			Horizon 0-10 cm					Horizon 20-30 cm							
												Infiltromètre		Guelph**	

* R siduals de la régression linéaire entre pH et log(CE)

** Calcul    partir des vitesses d'écoulement médiane pour des charges d'eau de 5 et 10 cm

*** Coefficient   du modèle: K( )= Ks exp(-   )

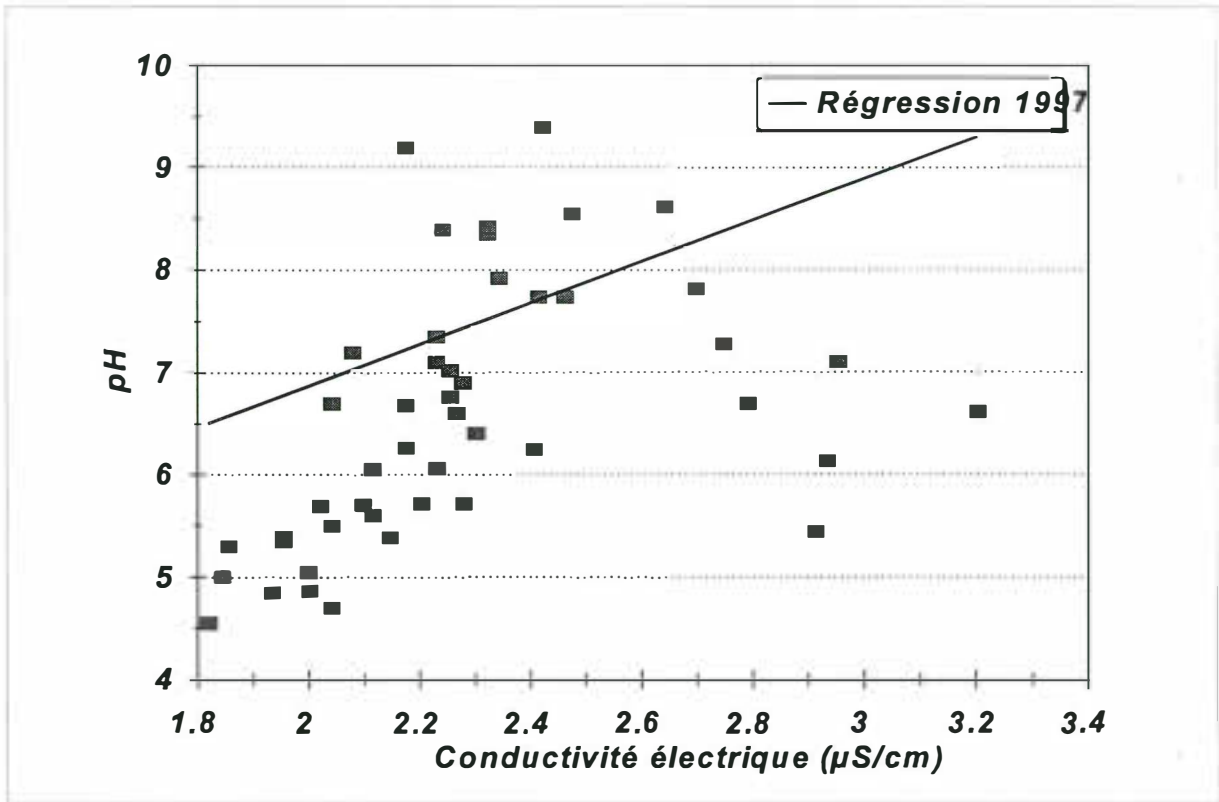


Figure 4.8.1. Relation entre la conductivité électrique et le pH dans l'horizon 0-10 cm

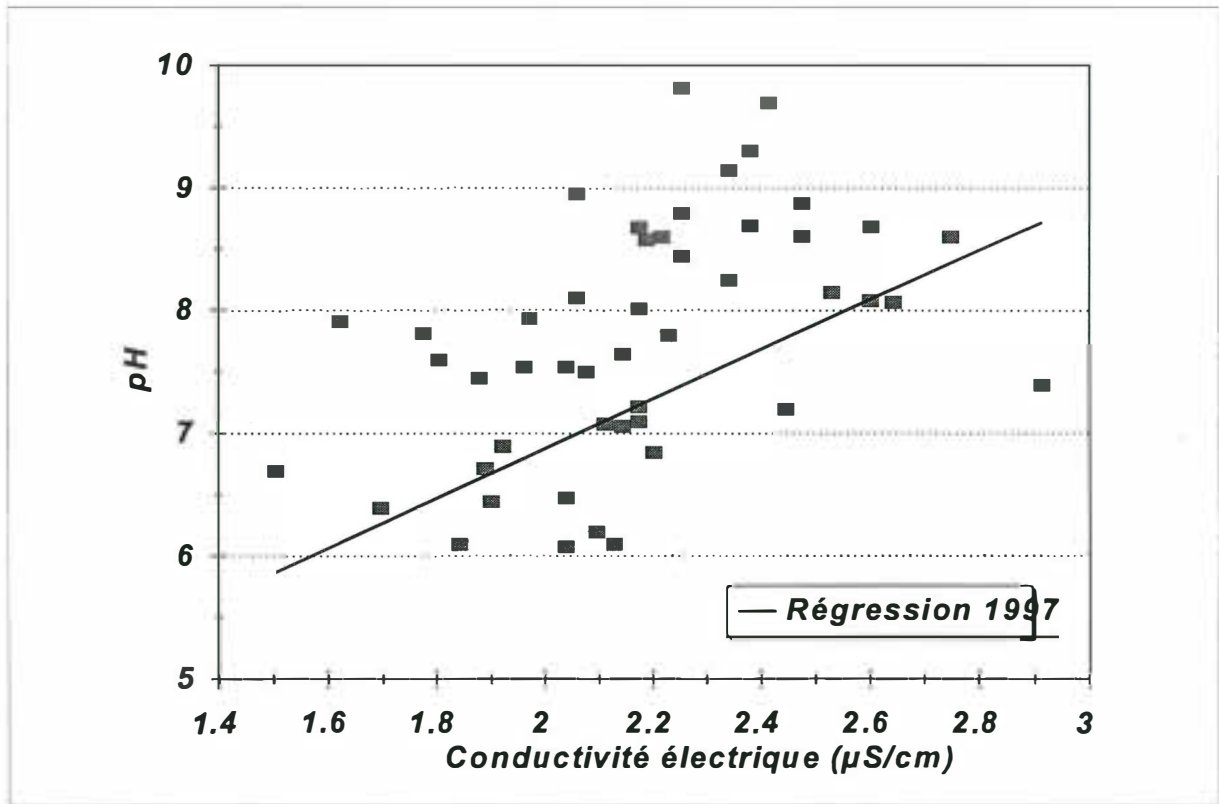


Figure 4.8.2. Relation entre la connductivité électrique et le pH dans l'horizon 20-30 cm

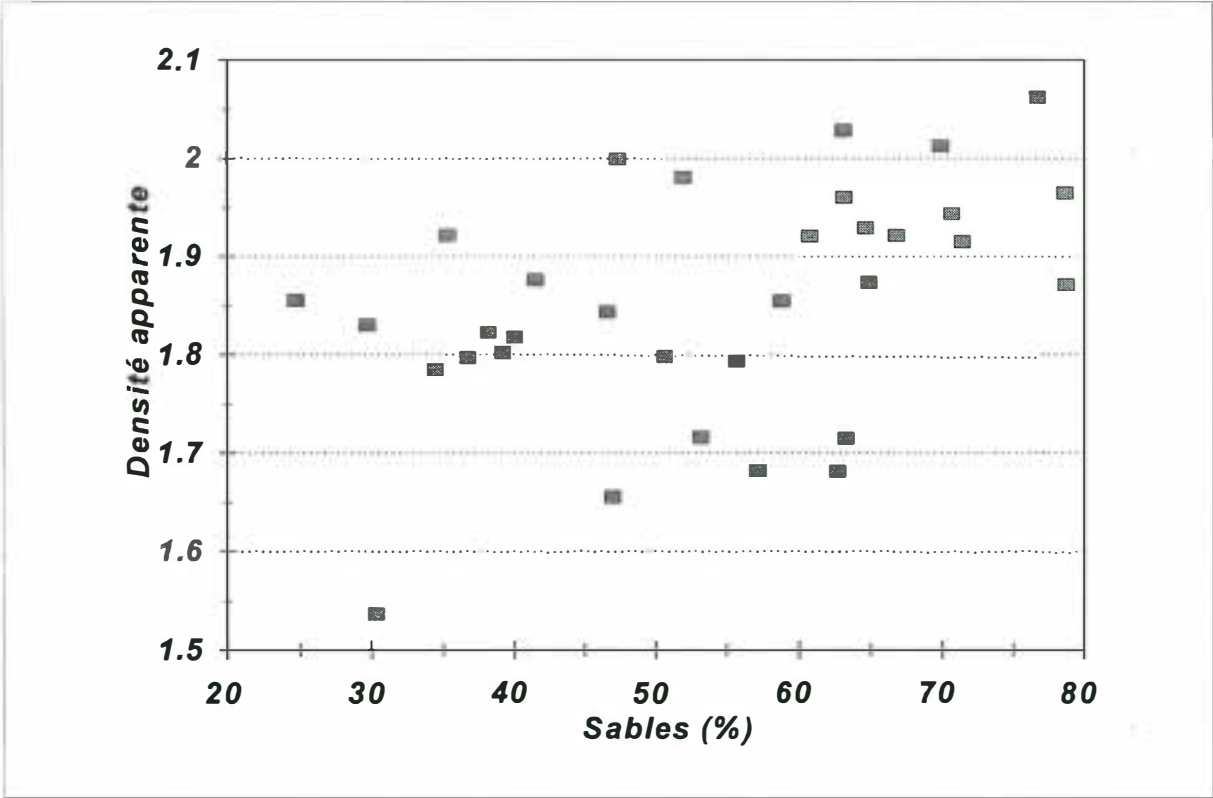


Figure 4.8.3. Relation entre la teneur en sables totaux et la densité apparente dans l'horizon 20-30 cm

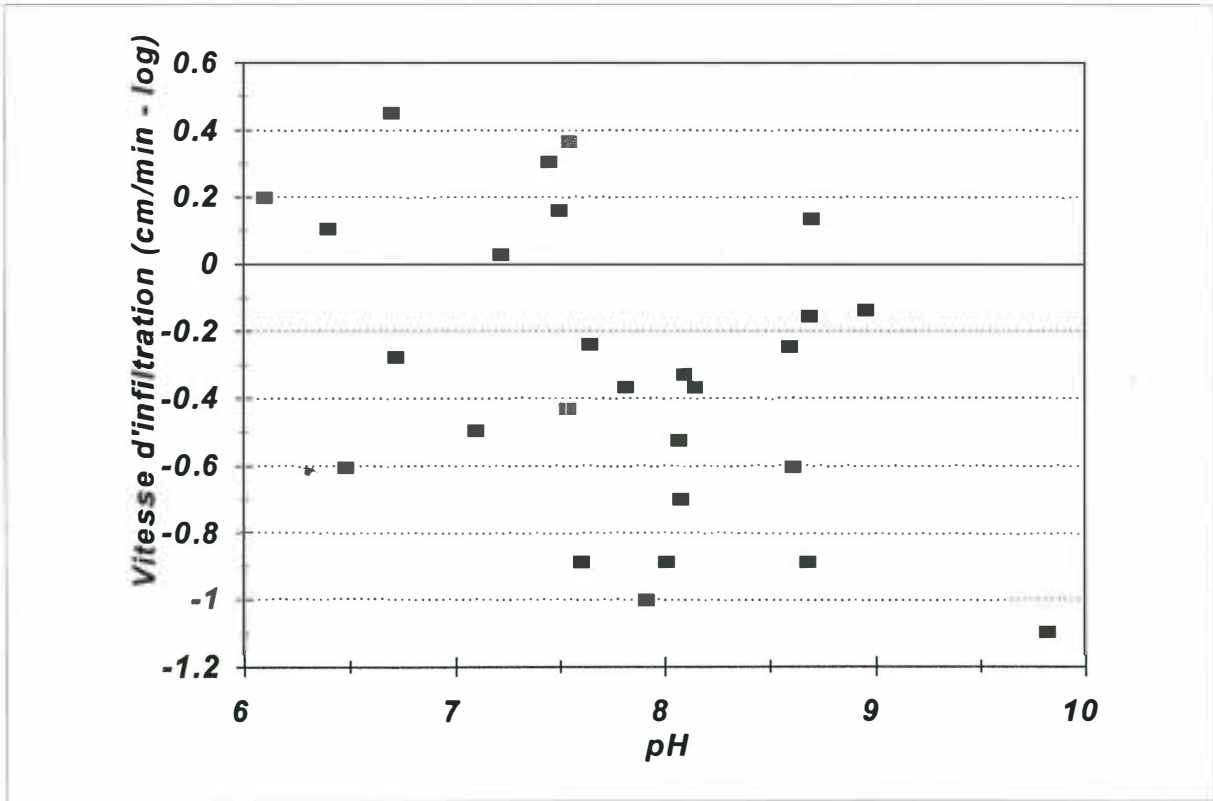


Figure 4.8.4. Relation entre le pH et la vitesse d'infiltration mesurée au perméamètre de Guelph (charge de 5 cm)

Tableau 4.8.2. Modèle de variogramme des variables étudiées

Variables	Variance moyenne	Modèle de variogramme (sphérique)		
		pépite	pallier	portée
CEM-V *	472	83	377	34
Sables 0-10 cm	200	2	222	75
pH 0-10 cm	1.52	1.20	1.74	74
log(CE) 0-10 cm	0.095	pépitique		
Résidus pH.vs.log(CE) 0-10 cm	1.24	0.65	1.47	64
pH 20-30 cm	0.94	0.43	1.06	104
log(CE) 20-30 cm	0.082	0.063	0.085	59
Résidus pH.vs.log(CE)20-30cm	0.73	0.18	0.90	74
Densité apparente 20-30 cm	0.012	0.0092	linéaire:α=0.000032	
log(Ks) 20-30 cm	0.174	pépitique		
α 20-30 cm	3.07	pépitique		

* Modèle établi à partir des 5 premiers points du variogramme et utilisé pour l'interpolation de la conductivité électromagnétique par krigeage

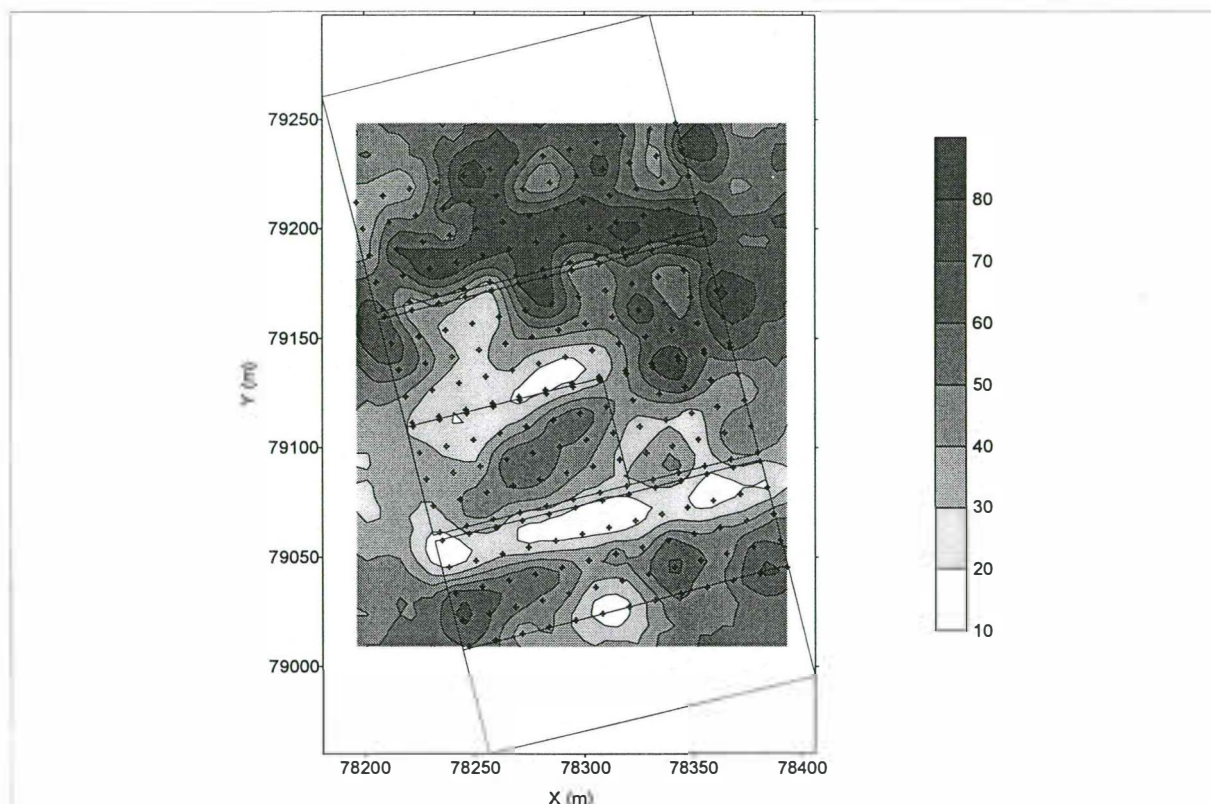


Figure 4.8.5. Conductivité électromagnétique (mesure verticale - mS/m) du secteur étudié de l'arroiseur N1-2D-3g

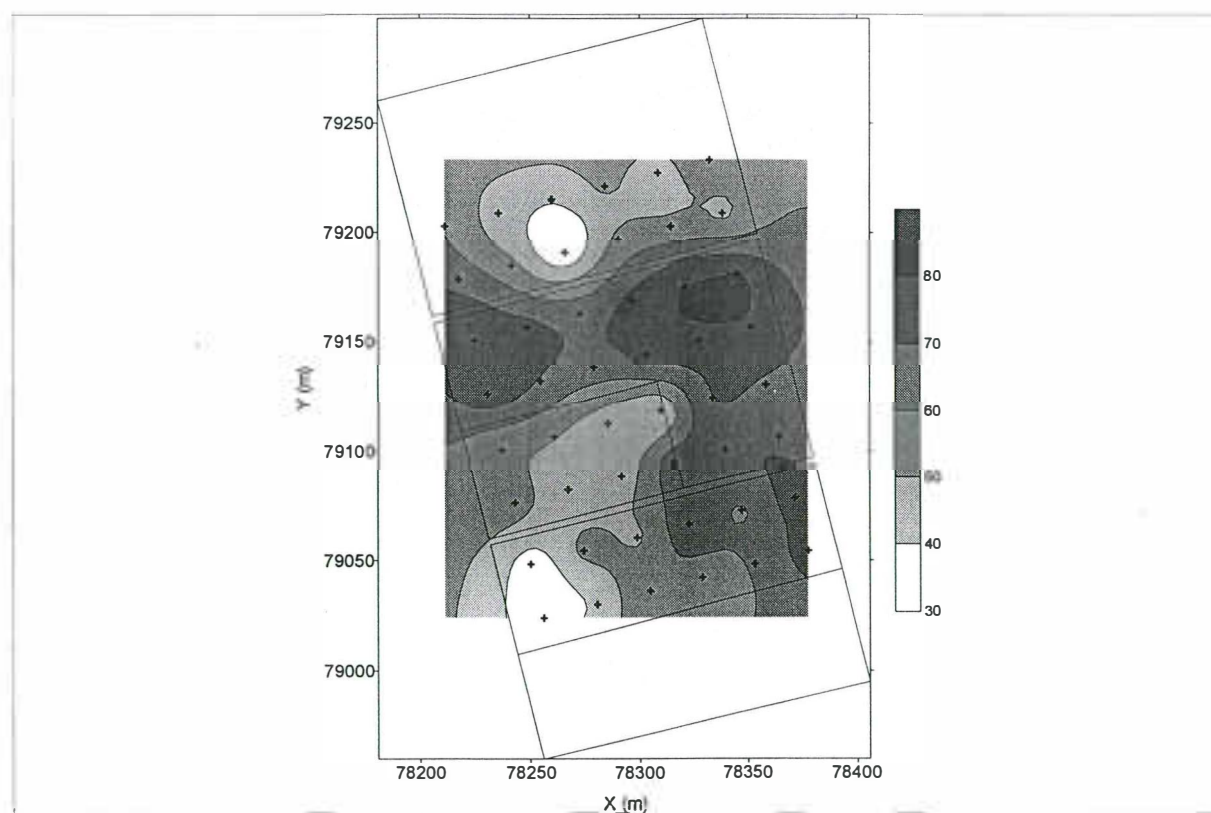


Figure 4.8.6. Texture (sables en %) de l'horizon 0-10 cm du secteur étudié de l'arroiseur N1-2D-3g

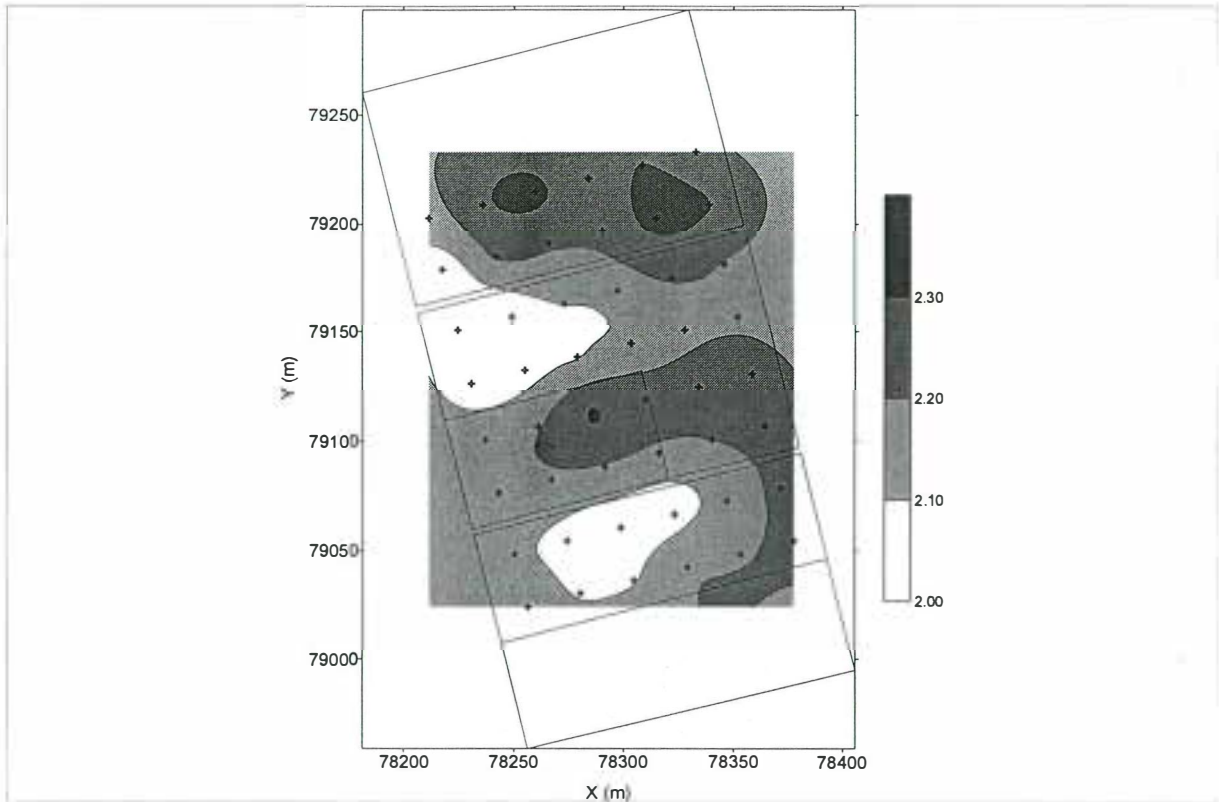


Figure 4.8.7. Conductivité électrique ($\mu\text{S}/\text{cm} - \log$) de l'horizon 20-30 cm du secteur étudié de l'arroseur N1-2D-3g

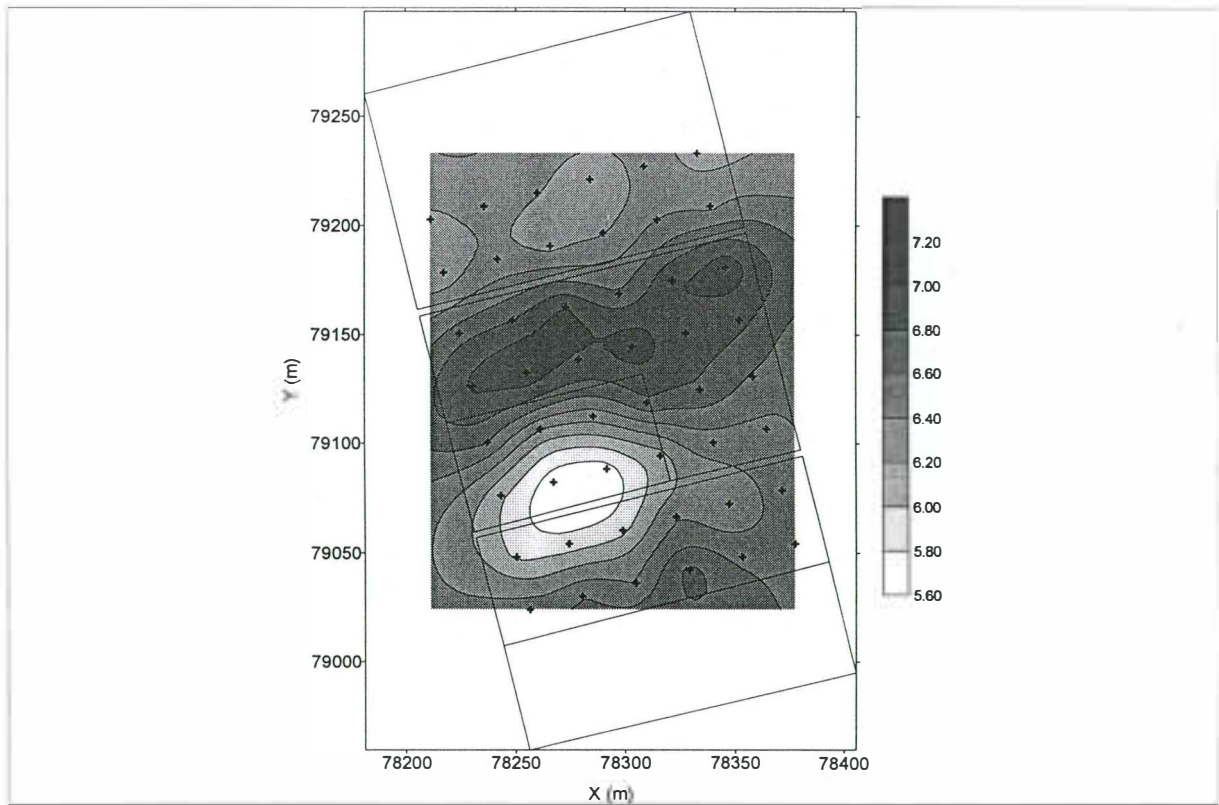


Figure 4.8.8. pH de l'horizon 0-10 cm du secteur étudié de l'arroseur N1-2D-3g

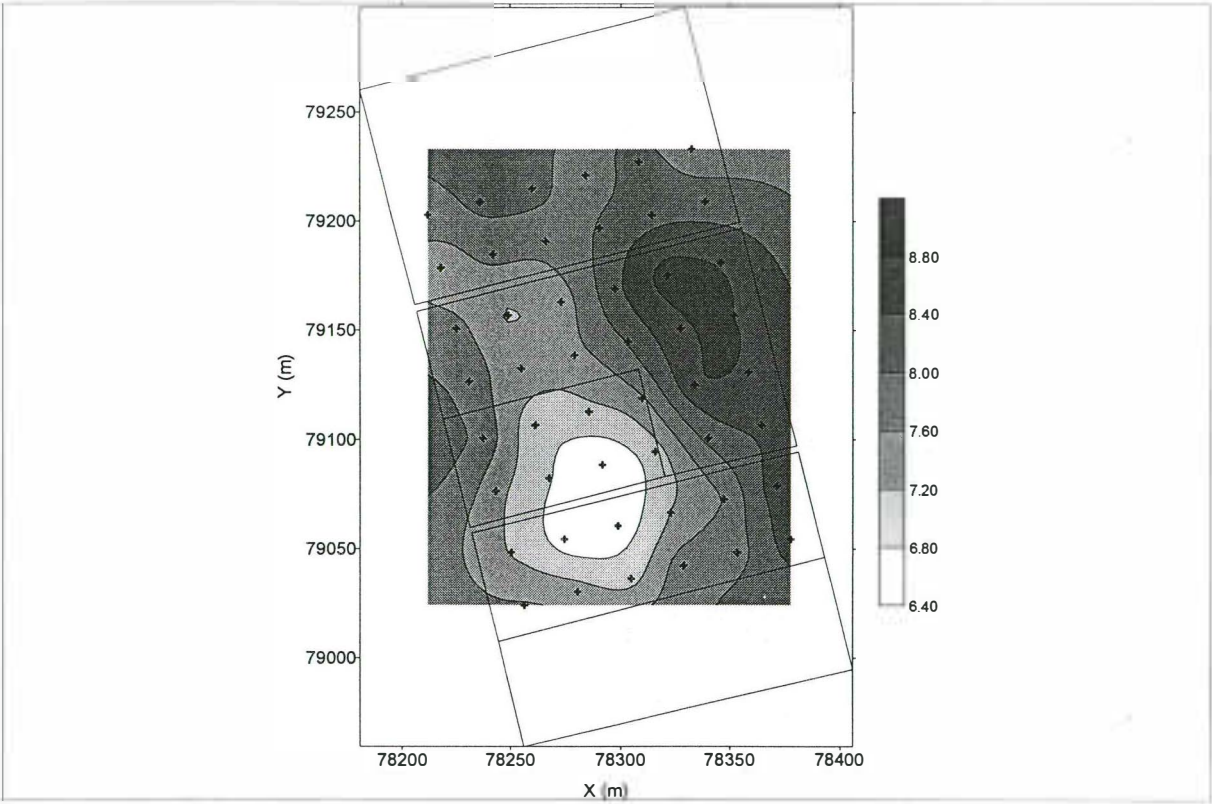


Figure 4.8.9. pH de l'horizon 20-30 cm du secteur étudié de l'arroiseur N1-2D-3g

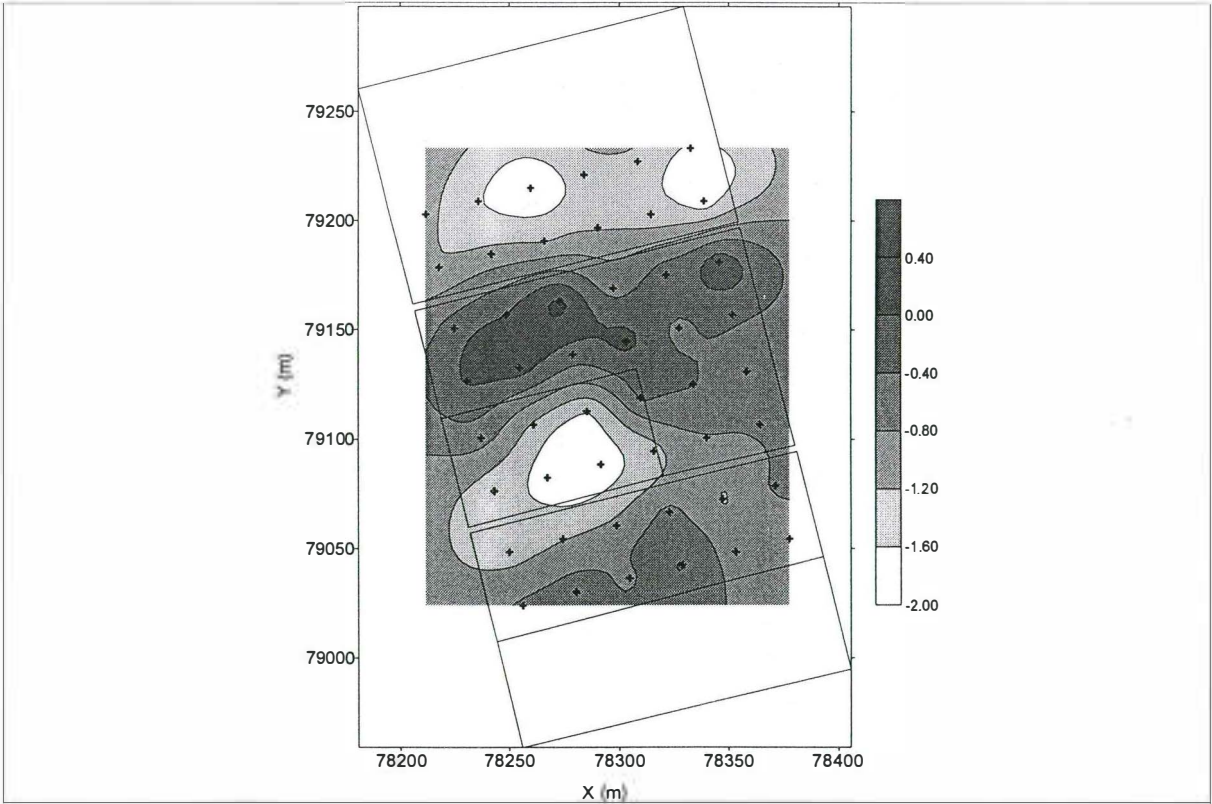


Figure 4.8.10. Résidus pH.vs.log(CE) dans l'horizon 0-10 cm du secteur étudié de l'arroiseur N1-2D-3g

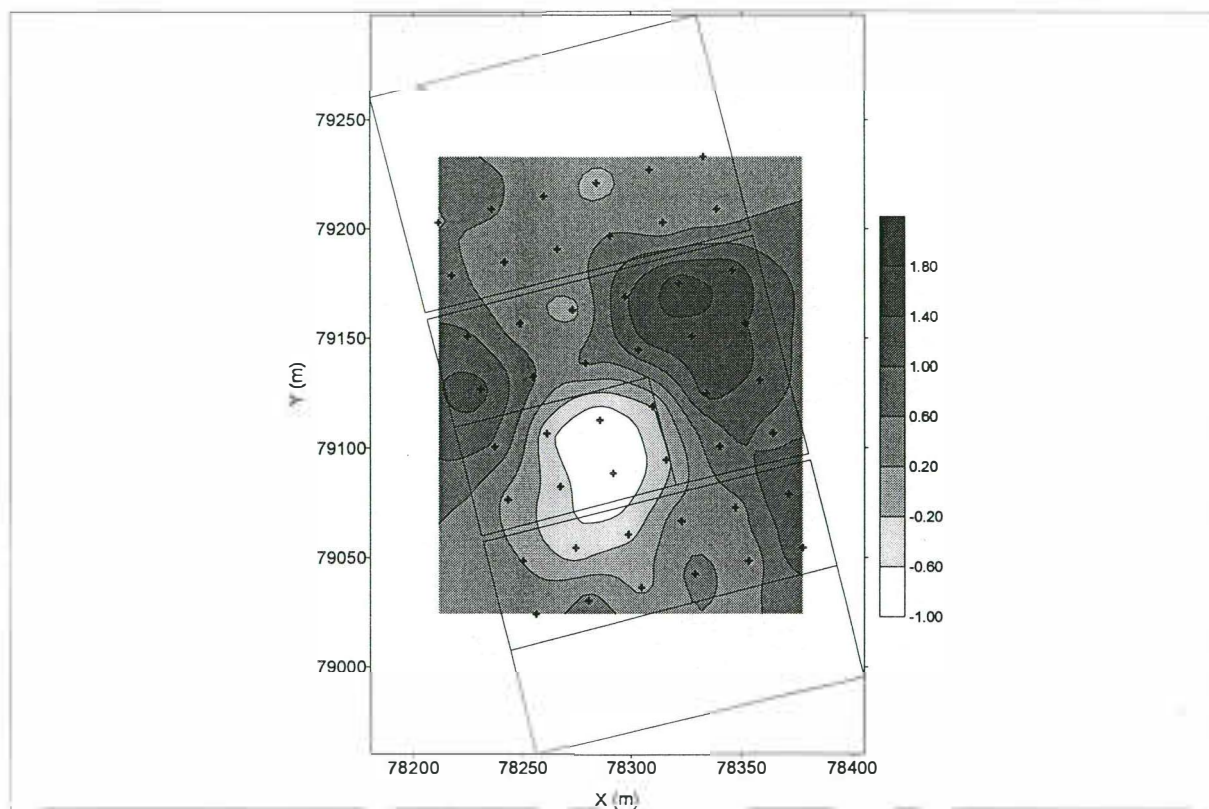


Figure 4.8.11. Résidus pH .vs. $\log(CE)$ dans l'horizon 20-30 cm du secteur étudié de l'arroseur N1-2D-3g

5. Evolution des sols 10 années après réhabilitation sur le secteur Retail 1 (1987-1997)

Sur chacun des principaux types de sol (Moursi, Dian, Danga, Seno), nous avons étudié l'évolution des propriétés chimiques de 10 profils de sol caractérisés à l'occasion de la première phase de réhabilitation du secteur Retail de la zone de Niono (Coulibaly, 1987). Les paramètres retenus sont: la teneur en sables ($50\ \mu\text{m}$ à $2\ \text{mm}$), le pH et la conductivité électrique (extrait 1:2.5) mesurés dans les horizons 0-20 cm (horizon 1), 20-60 cm (horizon 2) et 60-100 cm (horizon 3). Ces données ont été complétées par l'étude du faciès géochimique apprécié par le calcul des résidus de la relation linéaire entre la conductivité électrique (log) et le pH à partir de l'ensemble des données de 1987 et 1997 (fig. 5.1).

5.1. Tous types de sol

Les teneurs en sables mesurés en 1987 et 1997 sont fortement corrélés: coefficient de corrélation de 0.79, 0.80 et 0.67 dans les horizons 1, 2 et 3. Cette relation se dégrade fortement lorsqu'on considère chaque type de sol séparément. Cela met en évidence une certaine imprécision dans la localisation des profils en 1997. Cette erreur, estimée à une dizaine de mètres, doit être comparée à la portée du variogramme de la teneur en sables, proches de 100 mètres. En conclusion, il apparaît que les échantillons de 1987 et 1997 concernent les mêmes types de sol et sont spatialement corrélés même si leur localisation précise n'a pu être respectée.

Les conductivités électriques mesurées en 1987 et 1997 sont significativement corrélées en profondeur mais indépendantes en surface: coefficient de corrélation de 0.09, 0.64 et 0.67 dans les horizons 1, 2 et 3. En 1987, la conductivité électrique (log) apparaît significativement corrélée à la teneur en sables totaux: coefficient de corrélation de -0.58, -0.67 et -0.54 dans les horizons 1, 2 et 3. En 1997, les coefficients de corrélation ont sensiblement diminué, surtout dans l'horizon 1 où la CE apparaît indépendante de la texture: coefficient de corrélation de -0.06, -0.45 et -0.32 dans les horizons 1, 2 et 3. La comparaison des profils médians de conductivité électrique entre 1987 et 1997 montre une augmentation faible en profondeur et significative (seuil de 10%) dans l'horizon 1 (fig. 5.2.) La conductivité électrique augmente légèrement vers la surface; ce gradient s'est accentué entre 1987 et 1997.

L'évolution du pH observée entre 1987 et 1997 est de même nature que celle de la conductivité électrique. Les pH mesurés en 1987 et 1997 sont significativement corrélés en profondeur mais indépendants en surface: coefficients de corrélation de 0.09, 0.35 et 0.61 dans les horizons 1, 2 et 3. En 1987, le pH est significativement corrélé à la teneur en sables: coefficients de corrélation de -0.61, -0.53 et -0.34 dans les horizons 1, 2 et 3. En 1997, il n'apparaît plus aucune corrélation entre le pH et la teneur en sables: coefficients de corrélation de 0.02, -0.24 et 0.08 dans les horizons 1, 2 et 3. La comparaison

des profils moyens de pH entre 1987 et 1997 montre une augmentation faible en profondeur et significative (seuil de 10%) dans l'horizon 1 (fig. 5.3). Le pH plus faible en surface en 1987 atteint une valeur homogène sur l'ensemble du profil en 1997.

Les résidus pH.vs.log(CE) de 1987 et 1997 ne sont pas corrélés à l'exception de l'horizon 3 (coefficient de corrélation de 0.41). Ils sont aussi indépendants de la teneur en sables à l'exception du faciès géochimique de l'horizon 3 en 1997 qui apparaît plus alcalin sur les sols les plus sableux (coefficient de corrélation de 0.42). La comparaison des profils moyens des résidus pH.vs.log(CE) entre 1987 et 1997 montre une faible augmentation homogène de l'ordre de 0.1 unité pH (fig. 5.4); ces variations ne sont pas significatives. Le faciès géochimique de l'horizon 1 apparaît moins alcalin que celui des horizons profonds; la différence est de l'ordre de 0.3 unités pH.

5.2. Sols de levées

Les sols de levée de type "Seno" et "Danga" ont tout d'abord été analysés conjointement. On observe une augmentation très sensible de la conductivité électrique (fig. 5.5) et du pH (fig. 5.6). Elle est très significative dans l'horizon 1. Le faciès géochimique évolue vers le pôle alcalin; la différence correspond à environ 0.2 unités pH (fig. 5.7) et est significative (seuil de 10%) dans l'horizon 2.

Ces évolutions sont très importantes sur les sols les plus sableux (Seno), notamment lorsqu'ils étaient initialement très peu salés et alcalins. Sont significativement différents:

- la conductivité électrique (fig. 5.8; seuil de 1%, 10% et 10% dans les horizons 1, 2 et 3);
- le pH (fig. 5.9; seuil de 1%, 1% et 10% dans les horizons 1, 2 et 3); et:
- le faciès géochimique (fig. 5.10; seuil de 1% dans l'horizon 2).

Une proportion de 50% de ces sols se situe dans des secteurs maraîchers mais leur comportement n'apparaît pas différent de celui des parcelles rizicoles. Un profil se situe dans une zone non réhabilitée hors casiers; son évolution est spectaculaire puisqu'en 10 ans, le pH est passé de 4.2 à 9.2 et la CE de 20 à 440 $\mu\text{S}/\text{cm}$!

L'évolution des sols de type "Danga" est moins spectaculaire et limitée à l'horizon de surface (0-20 cm): augmentation significative de la conductivité électrique (fig. 5.11; seuil de 1%) et du pH (fig. 5.12; seuil de 10%). On n'observe aucune évolution significative du faciès géochimique.

5.3 Sols de cuvette

Les évolutions des sols de cuvettes de type "Moursi" et "Dian" ont tout d'abord été analysées

conjointement. Contrairement aux sols de levée, on observe une diminution de la conductivité électrique (fig. 5.13) et du pH (fig. 5.14); seule la diminution de la conductivité électrique dans l'horizon 1 apparaît significative. Le faciès géochimique n'a pas évolué de façon significative. La désalinisation semble plus accentuée dans les secteurs en double culture rizicole.

La diminution de la conductivité électrique des sols "Moursi" n'affecte que l'horizon 1 (fig. 5.15; significative au seuil de 10%) tandis que celle des sols Dian concerne l'ensemble du profil (fig. 5.16; significatif au seuil de 10% dans les horizons 2 et 3). Les variations de pH ne sont pas significatives même si la diminution de pH est sensible pour les sols "Dian" (fig. 5.17).

Au cours des 10 années suivant la réhabilitation des périmètres, les sols ont connu une évolution marquée par une dégradation des propriétés chimiques des sols de levée et une amélioration des propriétés chimiques des sols de cuvettes. Le faciès géochimique a légèrement évolué vers le pôle alcalin. Ces évolutions concernent principalement l'horizon de surface (0-20 cm) qui est aussi caractérisée par un faciès géochimique moins alcalin. La double culture rizicole semble favoriser la désalinisation des sols de cuvettes; à l'inverse les sols de levée cultivés en maraîchage et surtout "hors casiers" apparaissent plus sensibles à la dégradation. Ces évolutions marquent une rupture avec les évolutions constatées depuis la mise en valeur des périmètres. Au-delà de la réhabilitation des infrastructures hydrauliques, il semble que les modalités de gestion de l'irrigation (mise en eau des canaux et recharge des nappes pendant une grande partie de l'année) ou des systèmes de culture (secteurs maraîchers, double culture) joue un rôle prépondérant dans ces évolutions.

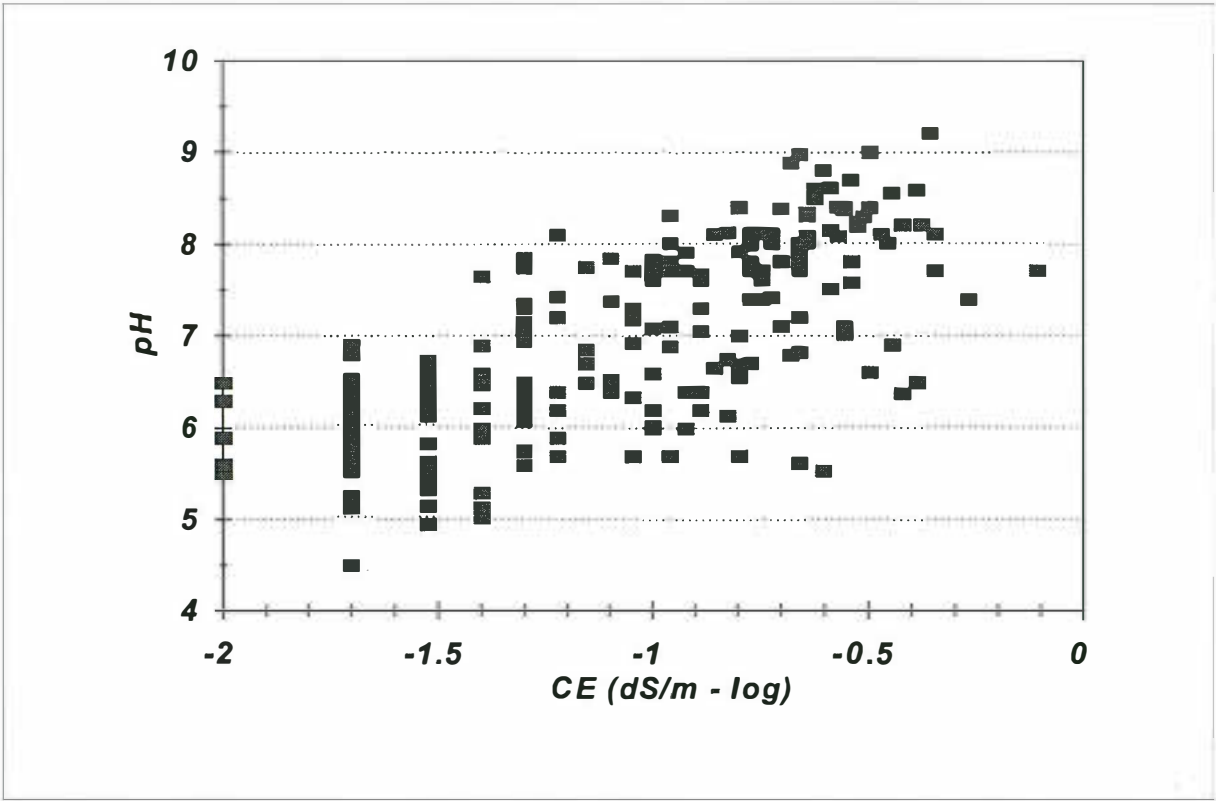


Figure 5.1. Relation entre la conductivité électrique et le pH sur les 40 profils étudiés en 1987 et 1997

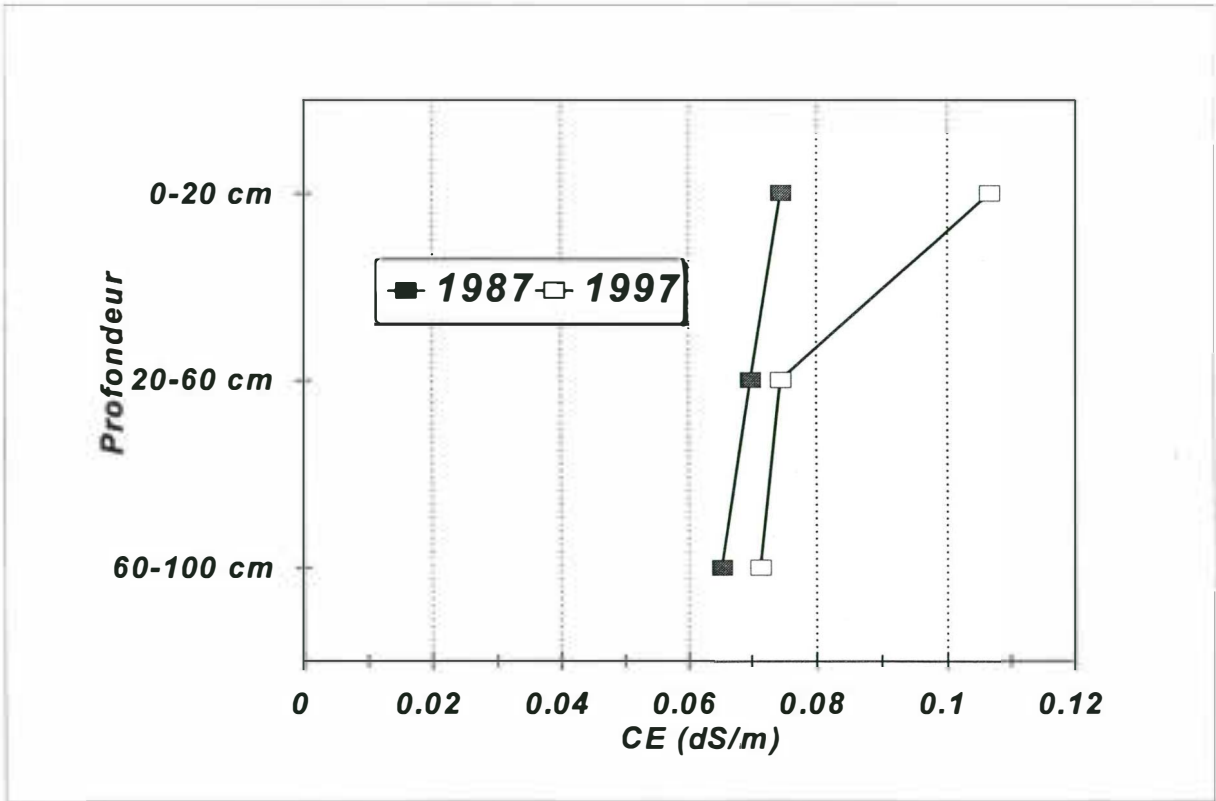


Figure 5.2. Evolution de la conductivité électrique médiane après réhabilitation entre 1987 et 1997: tous types de sol (Moursi, Dian, Danga, Seno)

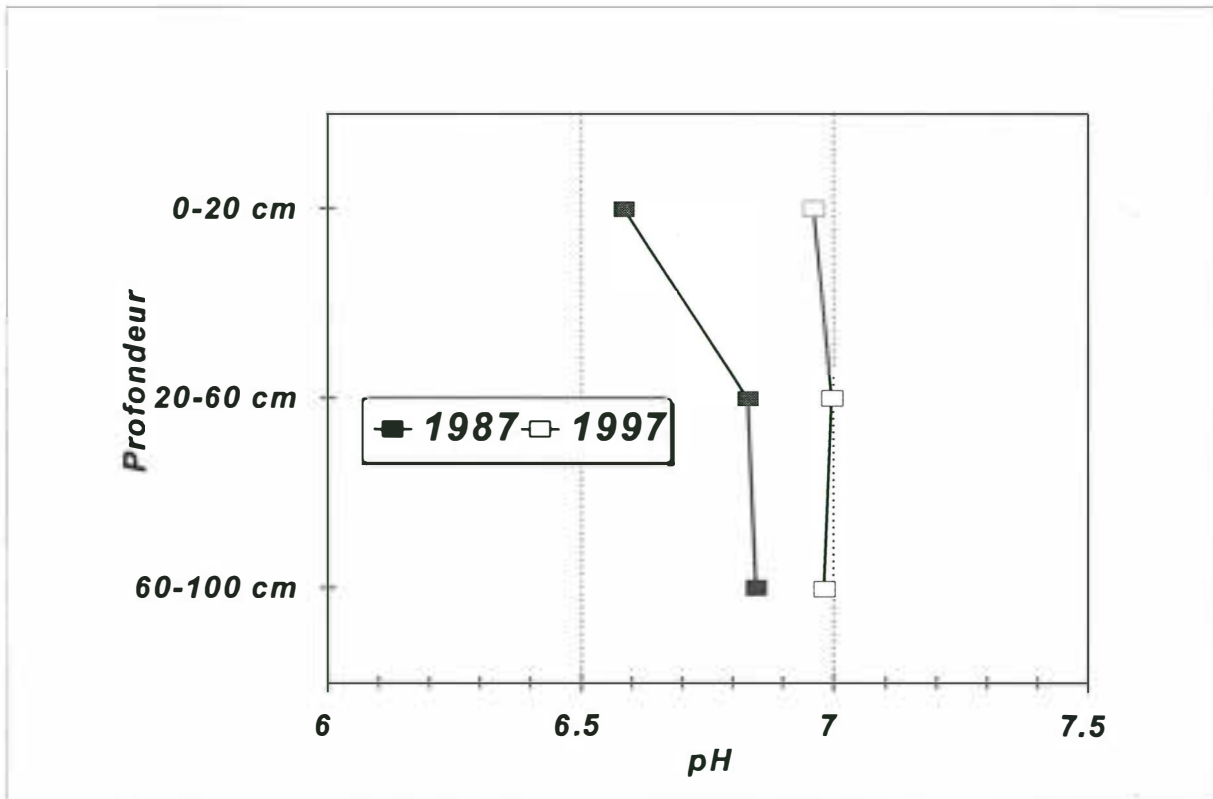


Figure 5.3. Evolution du pH moyen après réhabilitation entre 1987 et 1997: tous types de sol (Moursi, Dian, Danga, Seno)

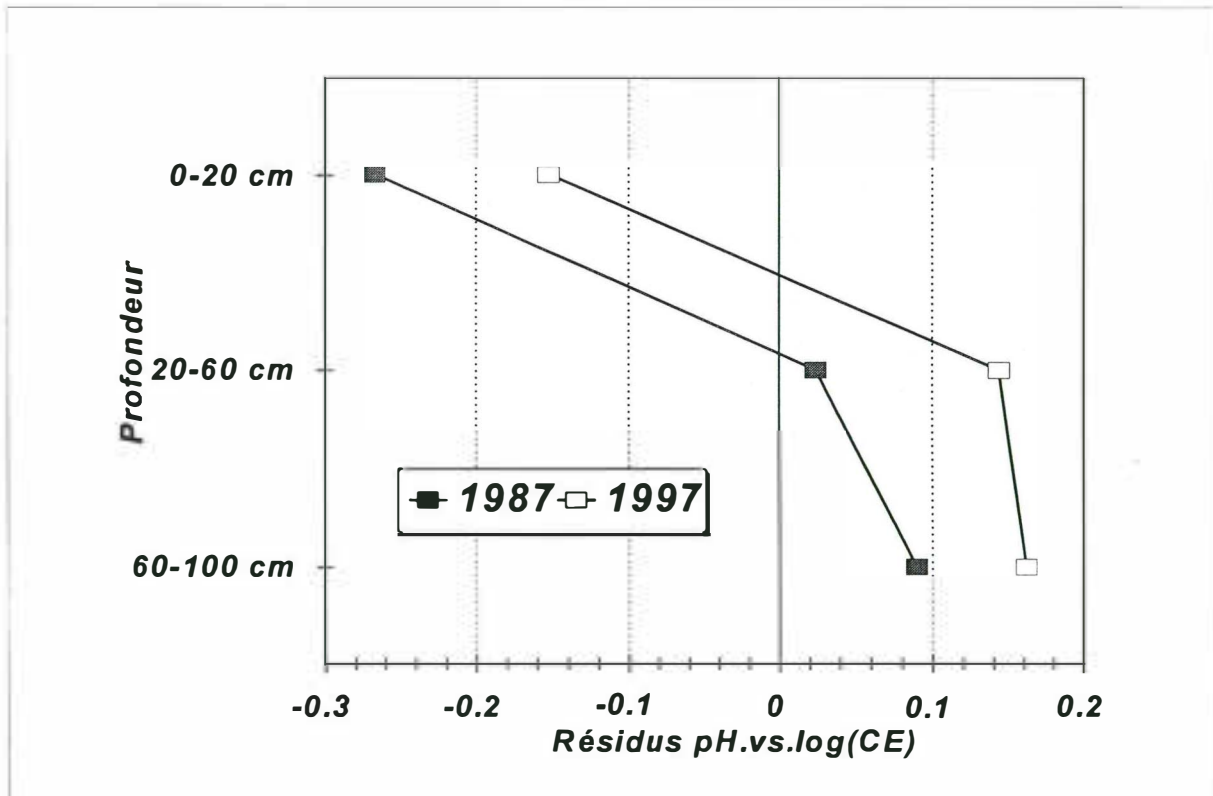


Figure 5.4. Evolution du faciès géochimique [moyenne des résidus pH.vs.log(CE)] après réhabilitation entre 1987 et 1997: tous types de sol (Moursi, Dian, Danga, Seno)

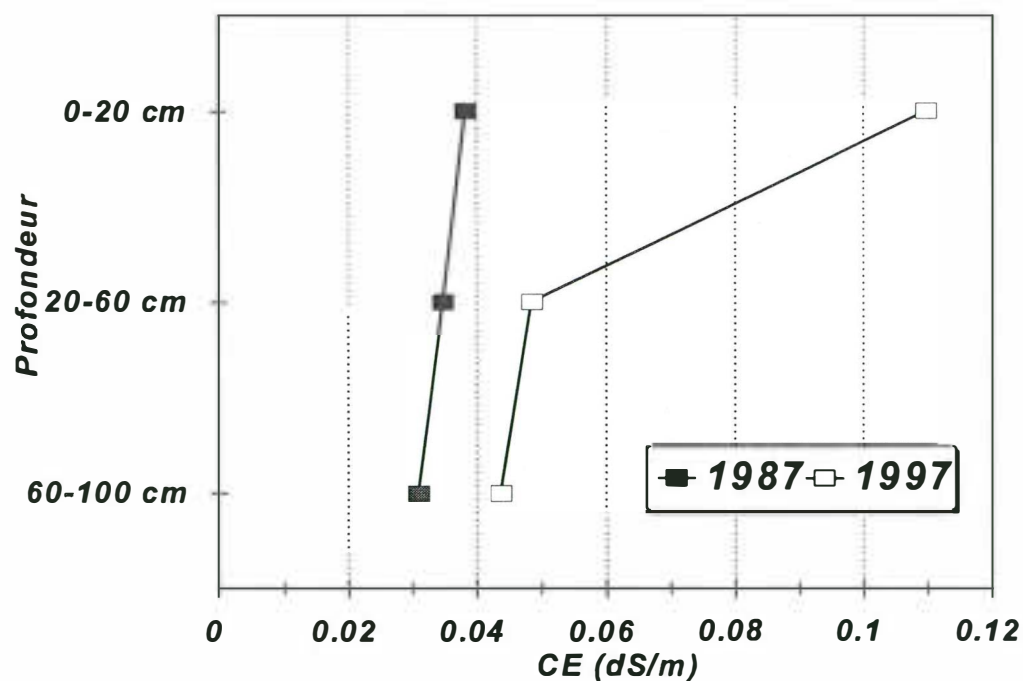


Figure 5.5. Evolution de la conductivité électrique médiane après réhabilitation de 1987 et 1997: sols de levée (Danga et Seno)

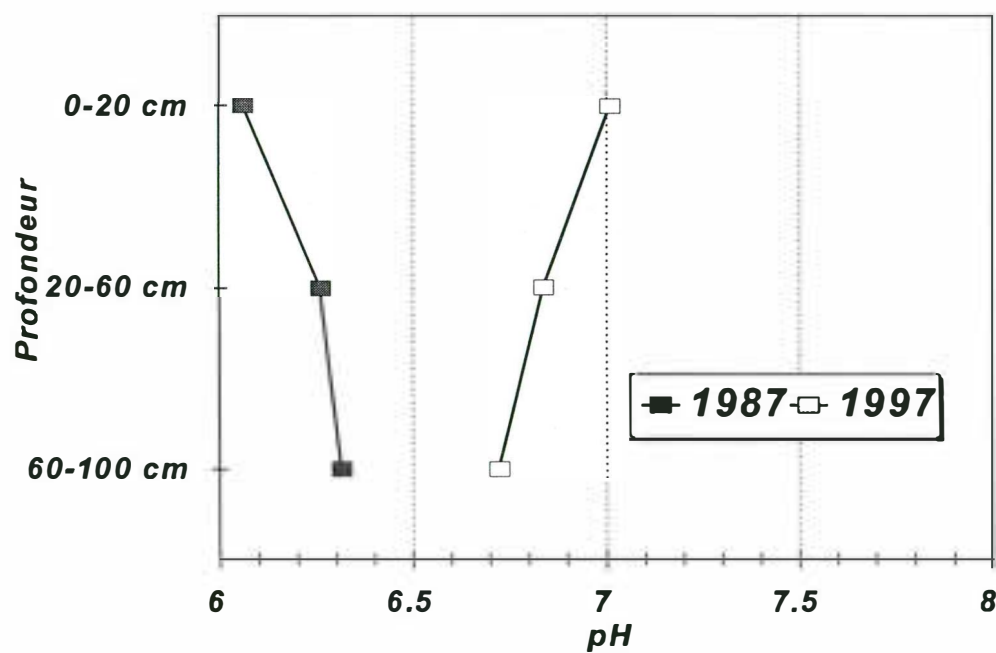


Figure 5.6. Evolution du pH moyen après réhabilitation de 1987 et 1997: sols de levée (Danga et Seno)

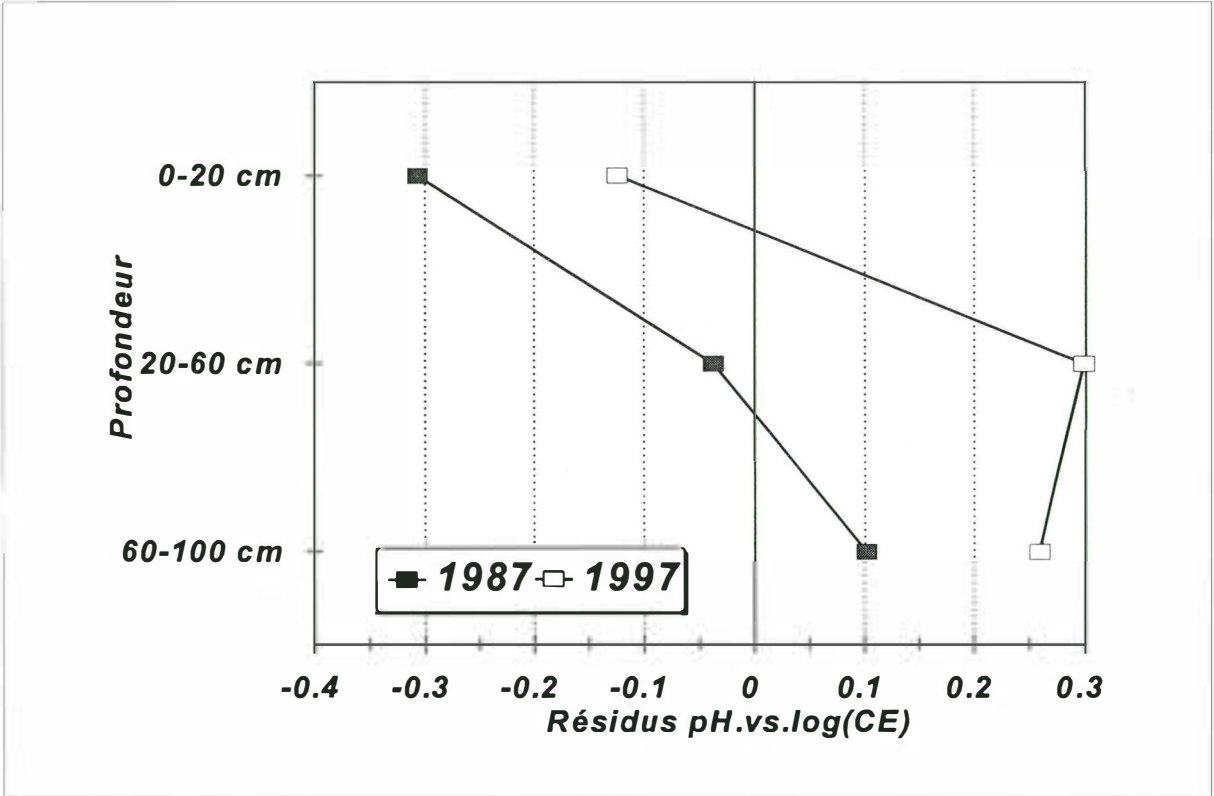


Figure 5.7. Evolution du faciès géochimique après réhabilitation de 1987 et 1997: sols de levée (Danga et Seno)

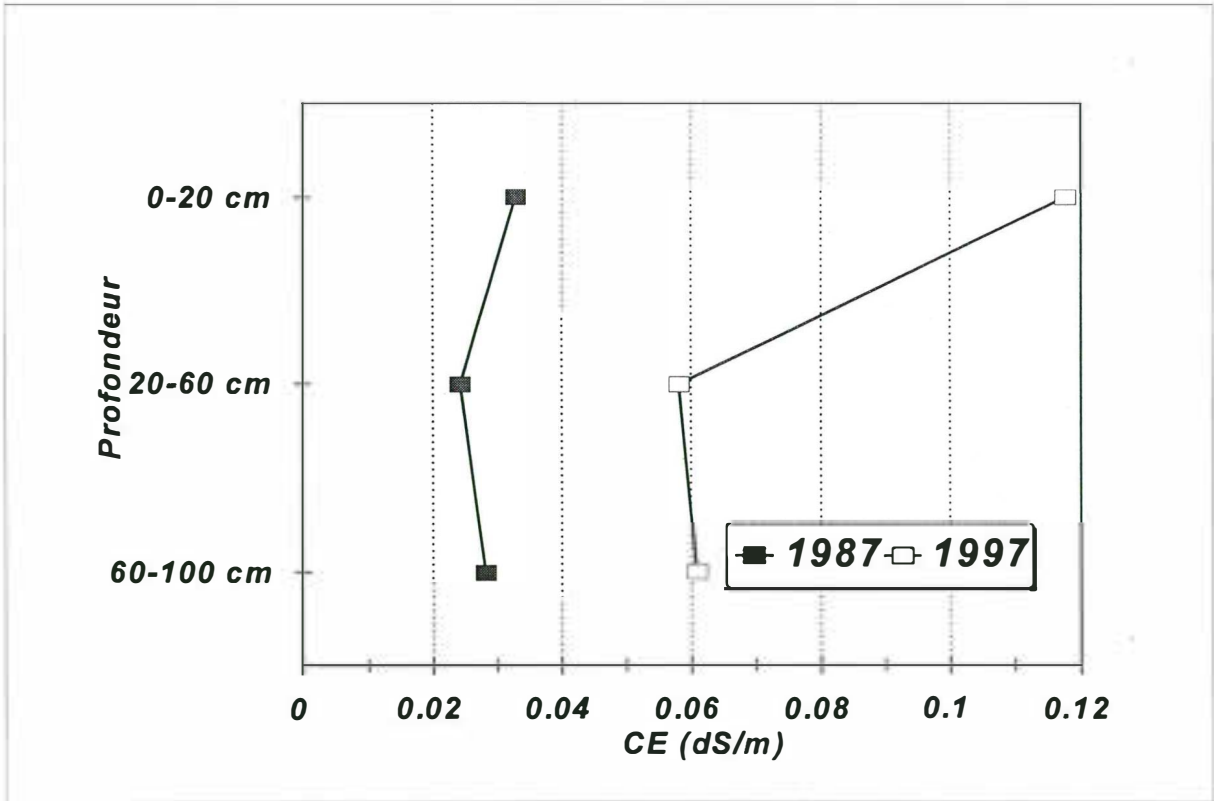


Figure 5.8. Evolution de la conductivité électrique médiane après réhabilitation de 1987 et 1997: sols "Seno"

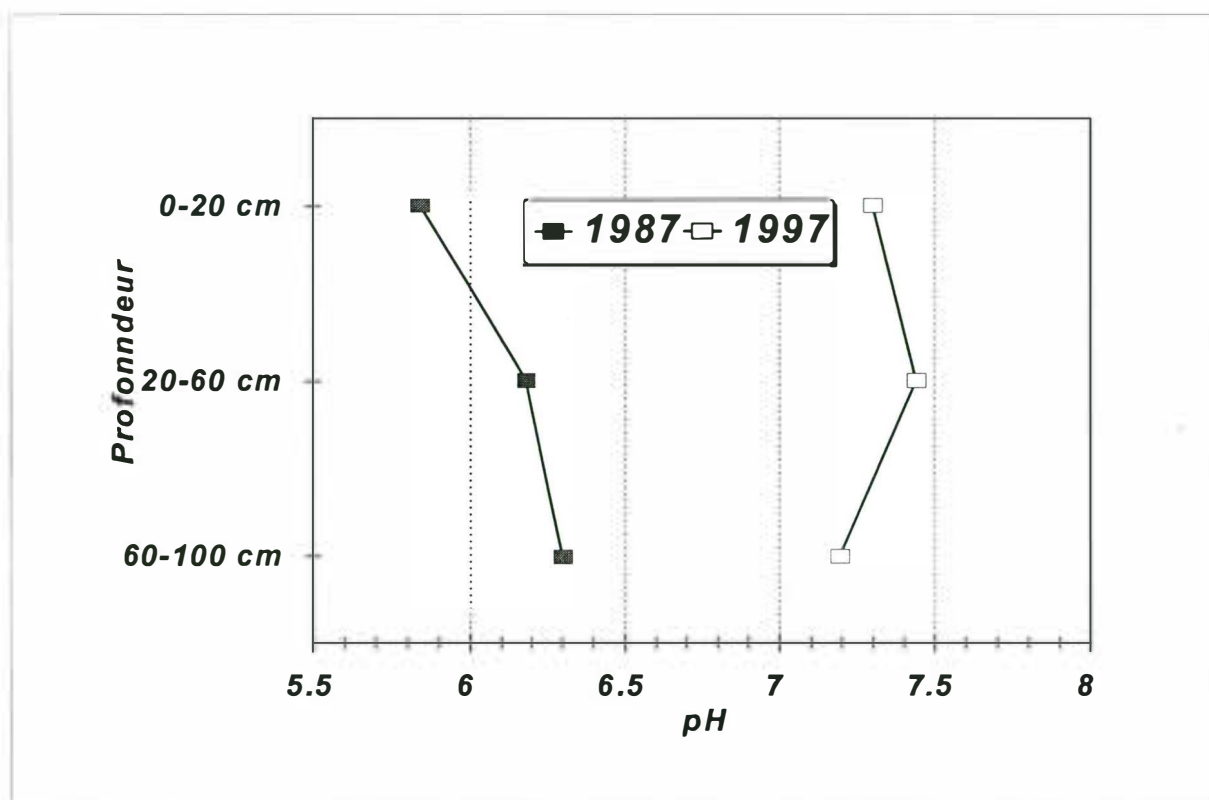


Figure 5.9. Evolution du pH moyen après réhabilitation de 1987 et 1997: sols "Seno"

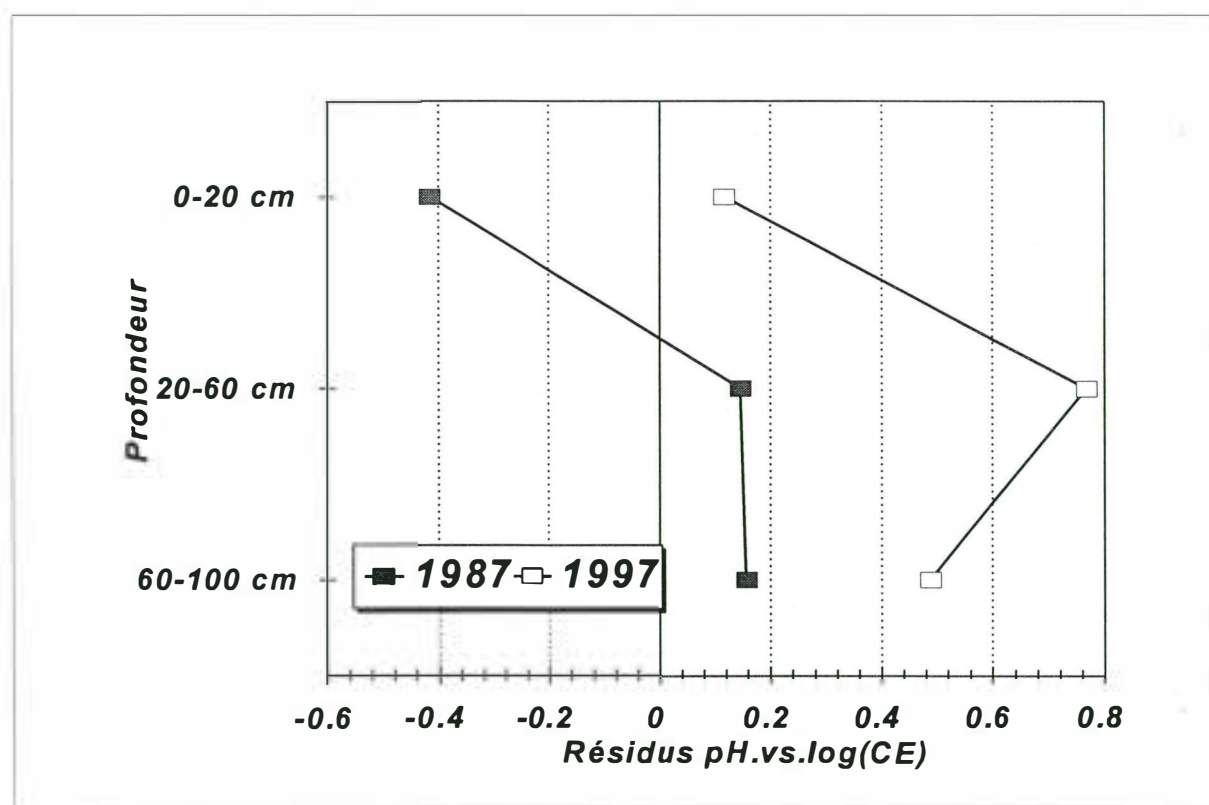


Figure 5.10. Evolution du facies géochimique après réhabilitation de 1987 et 1997: sols "Seno"

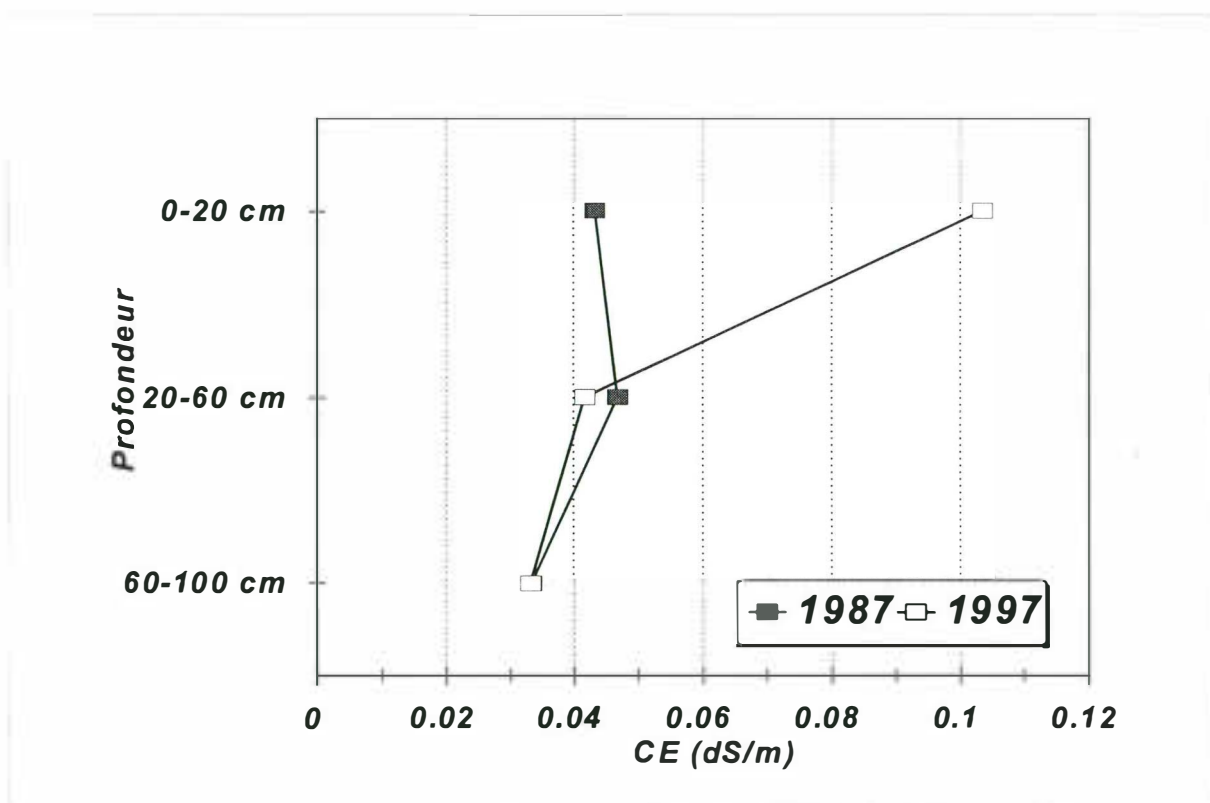


Figure 5.11. Evolution de la conductivité électrique médiane après réhabilitation de 1987 et 1997: sols "Danga"

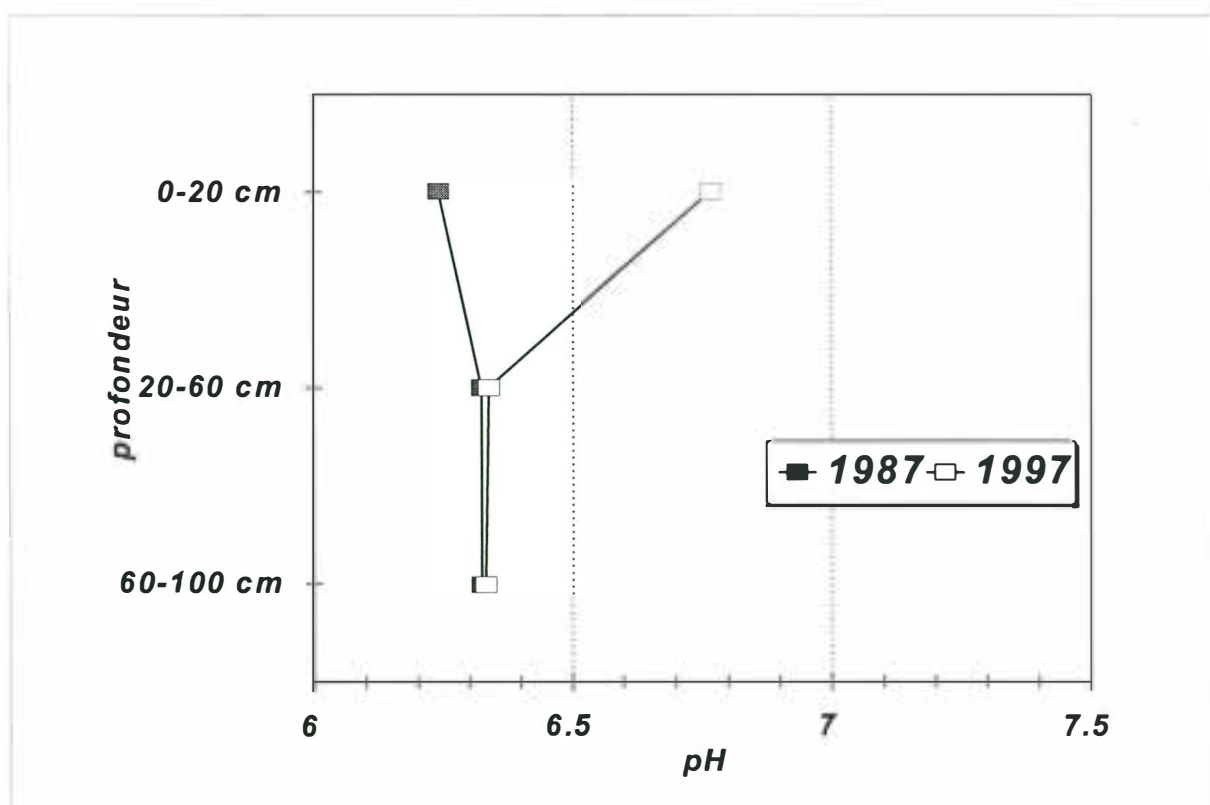


Figure 5.12. Evolution du pH moyen après réhabilitation de 1987 et 1997: sols "Danga"

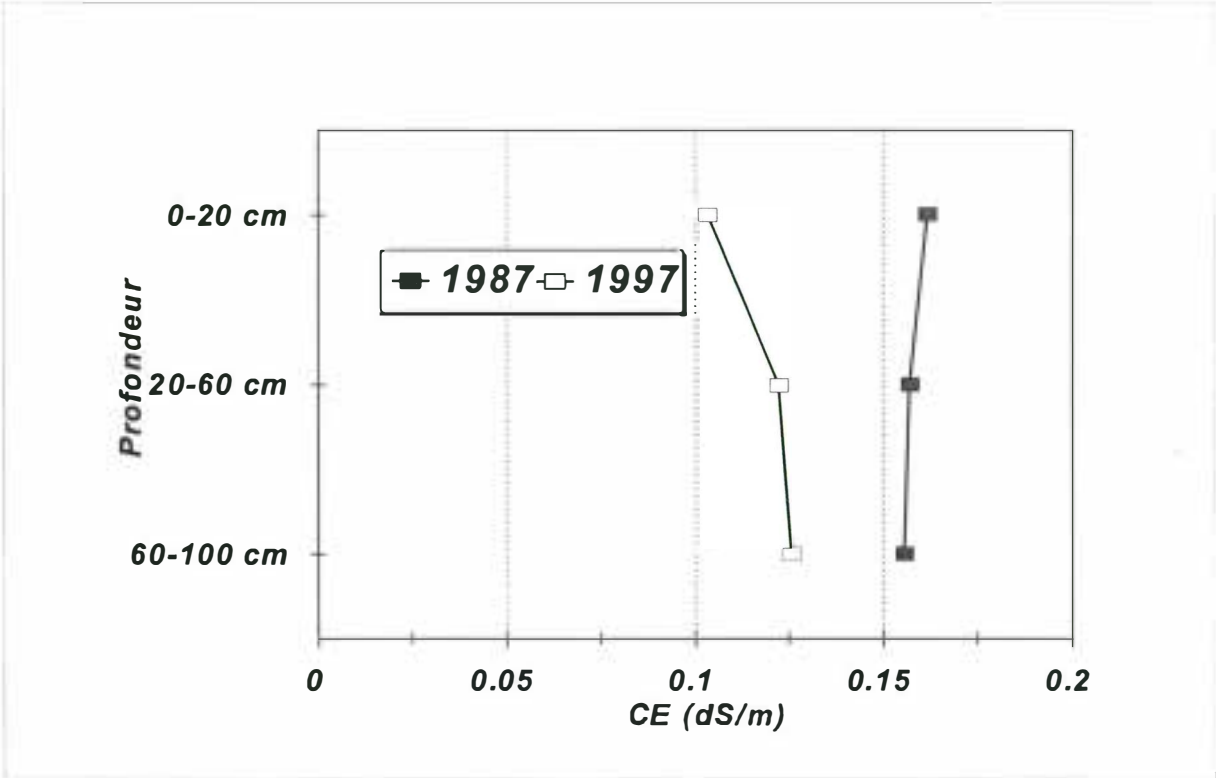


Figure 5.13. Evolution de la conductivité électrique médiane après réhabilitation de 1987 à 1997: sols de cuvette ("Moursi" et "Dian")

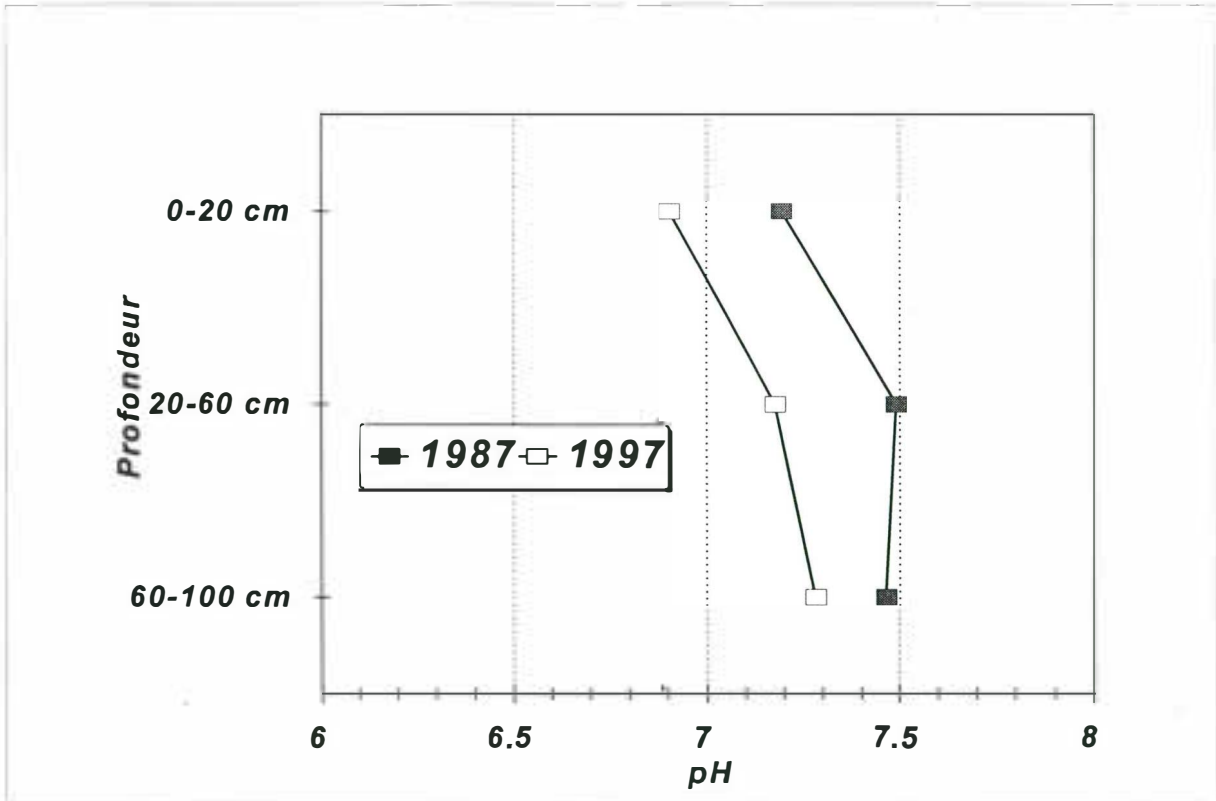


Figure 5.14. Evolution du pH moyen après réhabilitation de 1987 à 1997: sols de cuvette ("Moursi" et "Dian")

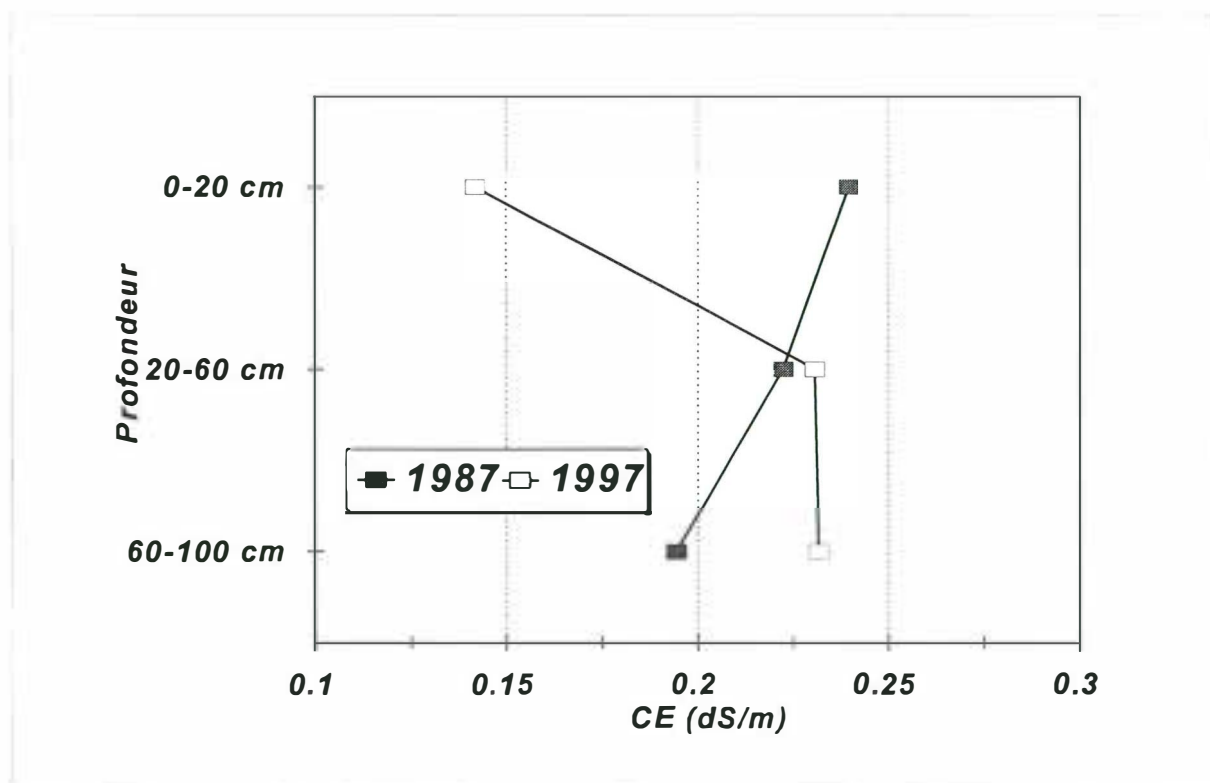


Figure 5.15. Evolution de la conductivité électrique médiane après réhabilitation de 1987 à 1997: sols "Moursi"

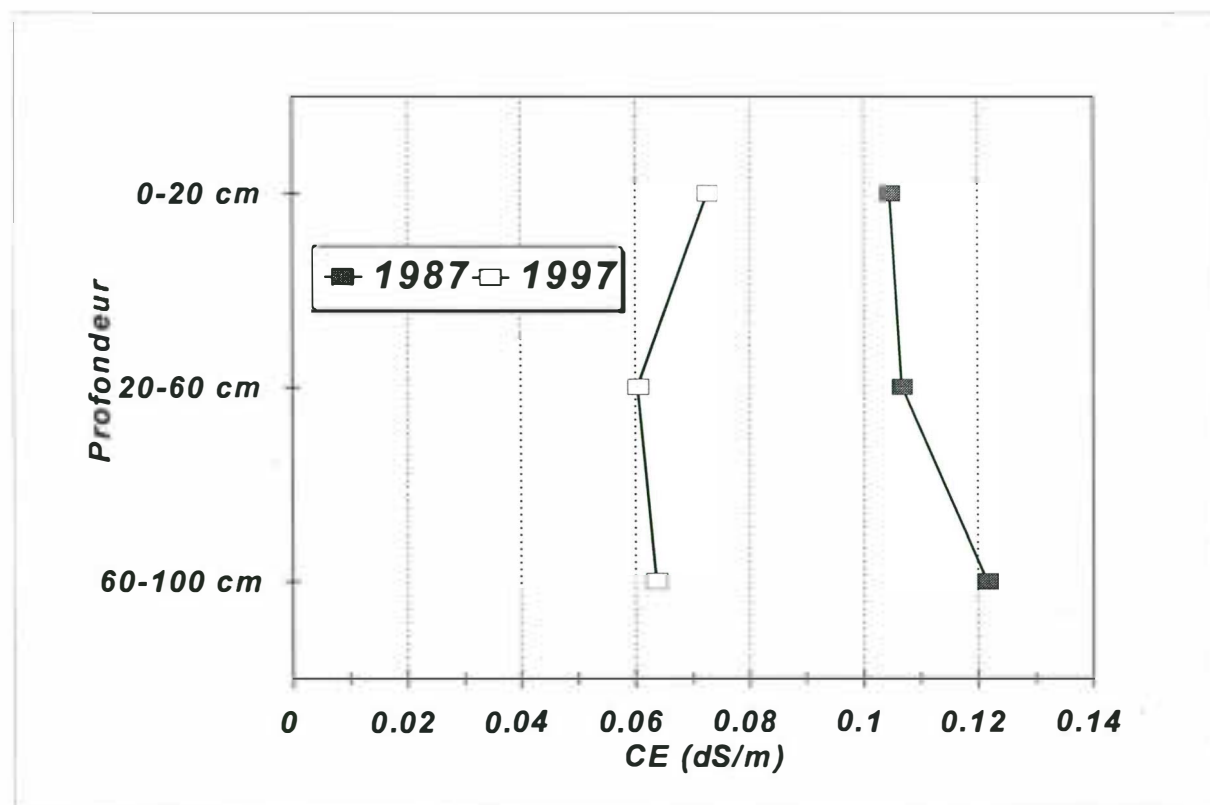


Figure 5.16. Evolution de la conductivité électrique médiane après réhabilitation de 1987 à 1997: sols "Dian"

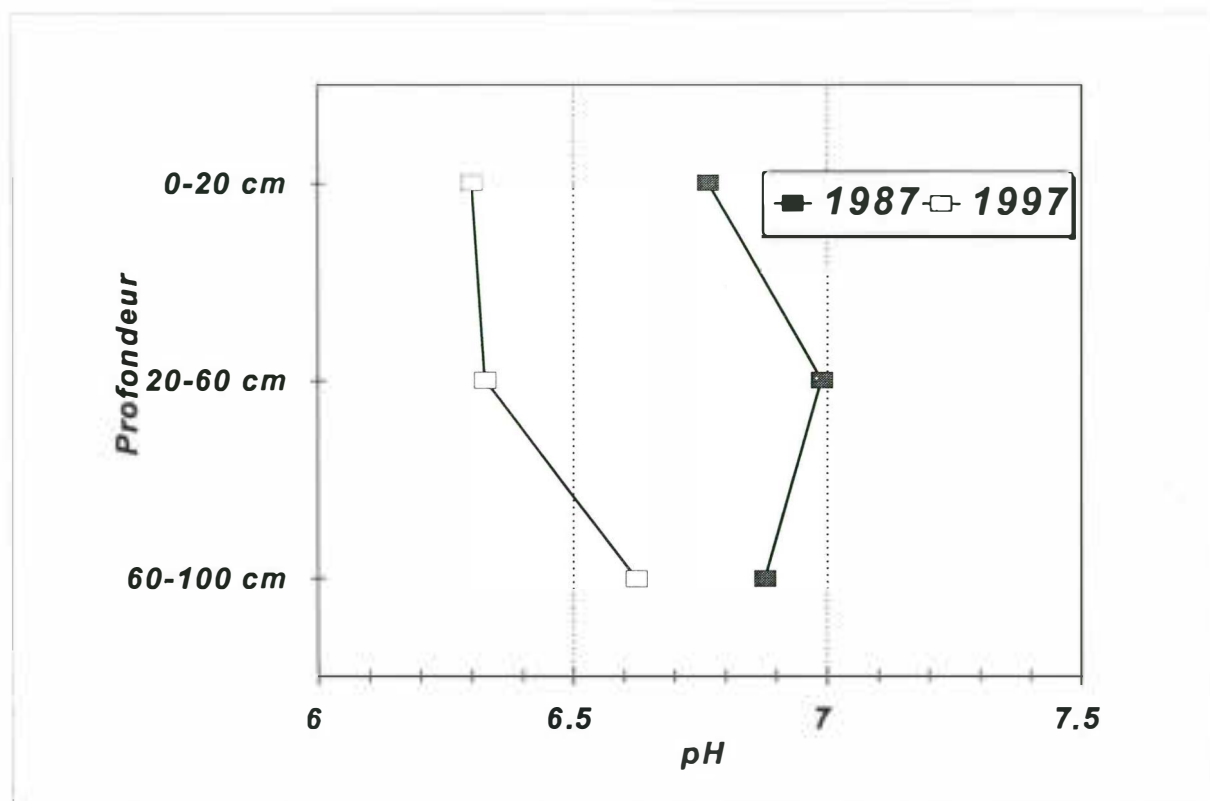


Figure 5.17. Evolution du pH moyen après réhabilitation de 1987 à 1997: sols "Dian"

6. Elaboration du rendement du riz en conditions alcalines

Depuis quelques années la production rizicole a connu une augmentation très sensible. Les facteurs ayant contribué à cette évolution sont nombreux:

- Réhabilitation des infrastructures hydrauliques, voire du planage;
- Innovations techniques issues de la recherche: repiquage, variétés, fertilisation,...
- Libéralisation de la filière et responsabilisation des producteurs;
- Dévaluation.

Dans ce contexte, les craintes formulées par certains chercheurs d'une dégradation de la fertilité des sols sous l'influence de l'irrigation apparaissent bien peu crédibles tant qu'elles n'auront pas été mises en évidence.

Cependant, les producteurs sont conscients de l'existence de problème comme le démontrent les enquêtes réalisées où ils évaluent les terres affectées à 4 à 7 % des superficies rizicoles. Certains sont amenés à modifier leurs pratiques afin de minimiser l'impact de la dégradation des sols. Ces secteurs, généralement caractérisés par l'apparition de salants noirs, seraient affectés par une augmentation du pH dont les conséquences attendues sont l'apparition de carences dans l'alimentation minérale des cultures. N'Diaye et al. (1990) ont mis en évidence une diminution de la production (réduction nombre du nombre de talles, du nombre de panicules, du poids de mille grains) sans qu'aucune relation ne soient établies avec des indicateurs de dégradation.

6.1. Protocole expérimental

Lors de cette expérimentation réalisée pendant la contre-saison 1997, l'impact du pH des sols sur le rendement du riz a été évalué.

Les expérimentations ont été menées, d'une part en milieu paysan sur 3 arroseurs suivis par le projet (N9-8D-1d, N4-1g et KL3-7d) et d'autre part en milieu contrôlé (ferme semencière: KL4bis). L'arroseur N9-8d est situé dans une cuvette argileuse réaménagé dans le cadre de Retail II (1990). Il s'agit d'une zone touchée par les phénomènes de dégradation ayant connue avant réhabilitation de gros problèmes de gestion de l'irrigation et du drainage. L'arroseur N4-1g réaménagé dans le cadre de Retail I est situé le long d'un transect entre levée sablo-limoneuse et cuvette argileuse, caractérisé par une pente relativement élevée. Les secteurs amont sont difficilement irrigables et présentent des problèmes de dégradation. De même l'arroseur KL3-7d, situé sur un bourrelet sableux et réhabilité sans planage par le projet ARPON, présente localement des problèmes sur les parties topographiquement les plus élevées. La ferme semencière a été abandonnée pendant plusieurs années et il s'y est développé une dégradation intense des sols. Ces parcelles ont fait l'objet de test de réhabilitation et les rendements, initialement très bas, sont en constante augmentation.

Des placettes de 1 m² ont été localisées au sein de ces différents secteurs et ont été suivies:

- Les paramètres du rendement: comptage du nombre de talles, de panicules, du nombre de grains et

pesée des poids de paille et de paddy;

- L'évolution des propriétés chimiques de l'horizon superficiel. Le pH du sol a été mesuré au laboratoire avant repiquage, puis le pH in situ a été mesuré toutes les 2 semaines environ.

6.2. Résultats

Aucune corrélation n'est apparue entre le pH mesuré au laboratoire des échantillons prélevés avant repiquage et respectivement, le pH in situ ou les termes du rendement.

Sur les parcelles paysannes, la gestion de l'eau n'a pas permis d'assurer le maintien en continu d'une lame d'eau sur les parcelles. Cela induit une irrégularité dans les valeurs mesurées de pH in situ. Les parcelles sont apparues localement très hétérogènes. Cependant les résultats ont montré une influence sensible du pH mesuré pendant la période de tallage et d'initiation paniculaire sur le rendement (fig.6.1). Ce résultat semble en partie s'expliquer par une plus forte proportion de grains vides (fig.6.2).

Ces résultats ont été confirmés par les données issues des parcelles suivies en milieu contrôlé sur la ferme semencière. La parcelle a été maintenue en eau de façon continue et le pH apparaît plus stable. Le nombre de talles apparaît fortement lié au pH mesuré 2 semaines après repiquage (fig.6.3). De même le pH à la période d'initiation paniculaire montre une forte influence sur le nombre et le poids de grains à la récolte (fig.6.4).

Les résultats démontrent une sensibilité du riz aux valeurs les plus élevées du pH *in situ* à partir d'une valeur de l'ordre de 7.5. Cet impact se manifeste au stade d'initiation paniculaire sur le nombre de talles et sur le rendement; et environ 2 semaines plus tard sur la proportion de grains vides. Les conséquences précises du pH sur les conditions d'alimentation minérale de la culture n'ont pas été déterminées.

Le pH in situ n'est pas apparu corrélé au pH mesuré sur échantillons de sol au laboratoire. Le pH apparaît donc lié non seulement aux caractéristiques intrinsèques des sols (alcalinité, salinité) mais aussi à l'environnement chimique induit par les techniques de culture: gestion de la lame d'eau, fertilisation, matière organique et activité biologique,...dont l'influence reste à préciser.

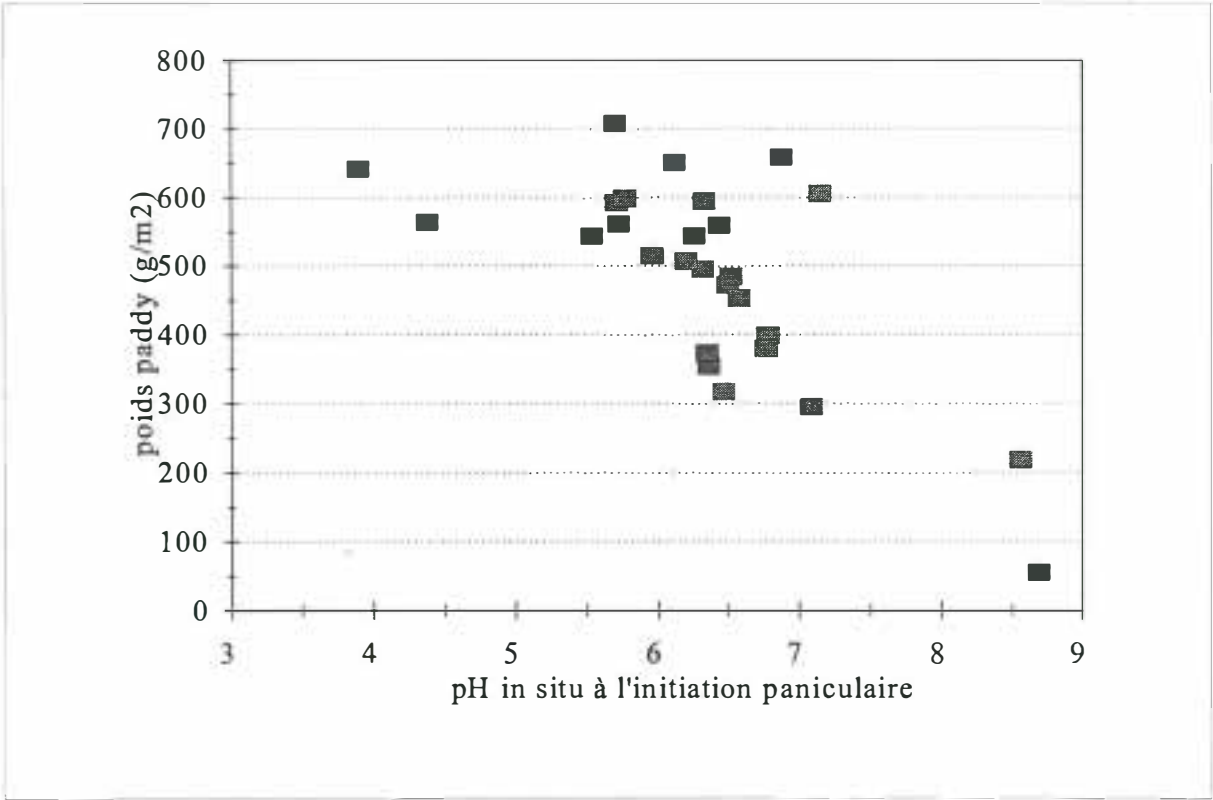


Figure 6.1. Relation entre le pH in situ de l'horizon superficiel et le rendement en milieu paysan

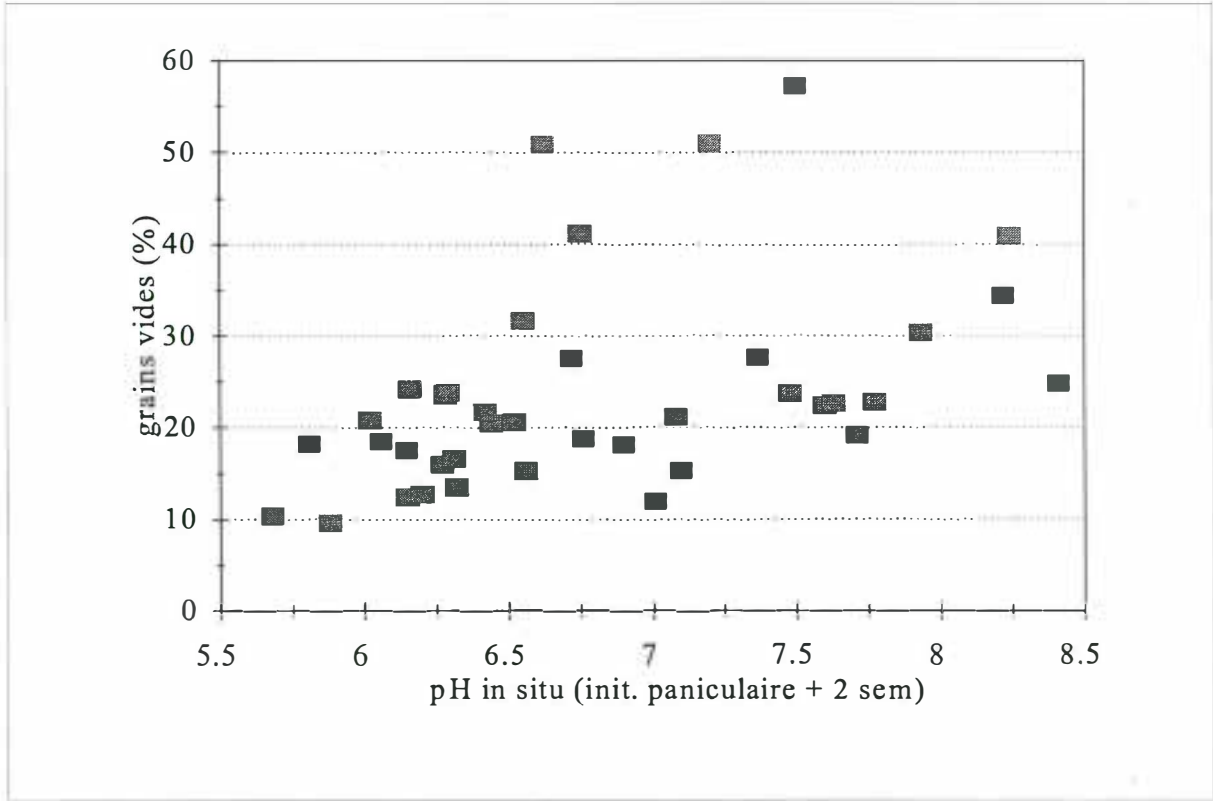


Figure 6.2. Relation entre le pH in situ et la proportion de grains vides en milieu paysan

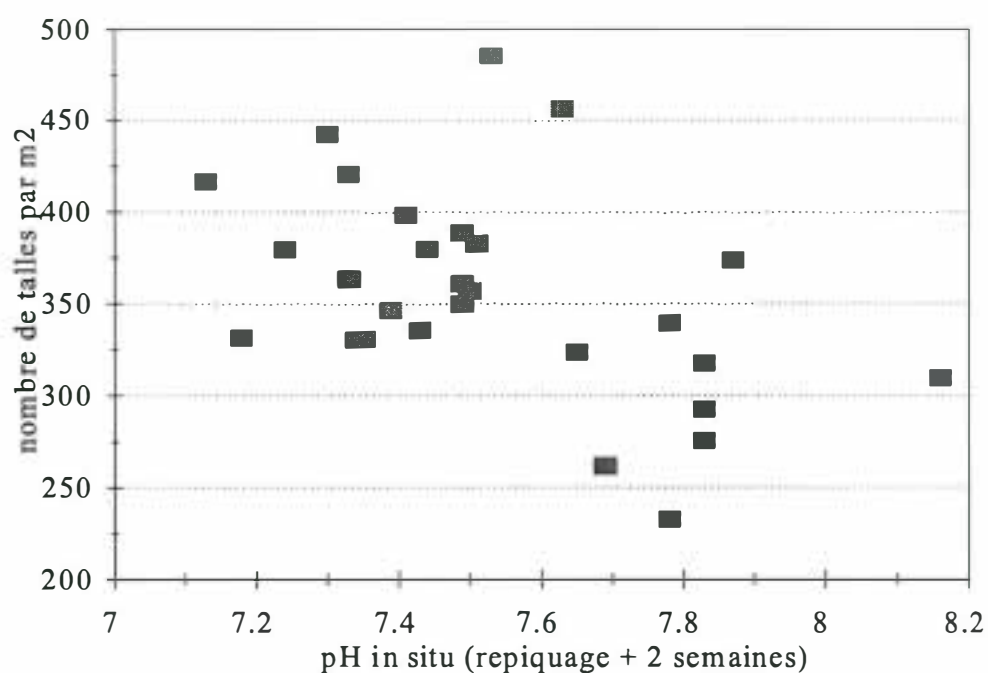


Figure 6.3. Relation entre le pH in situ et le nombre de talles en milieu contrôlé

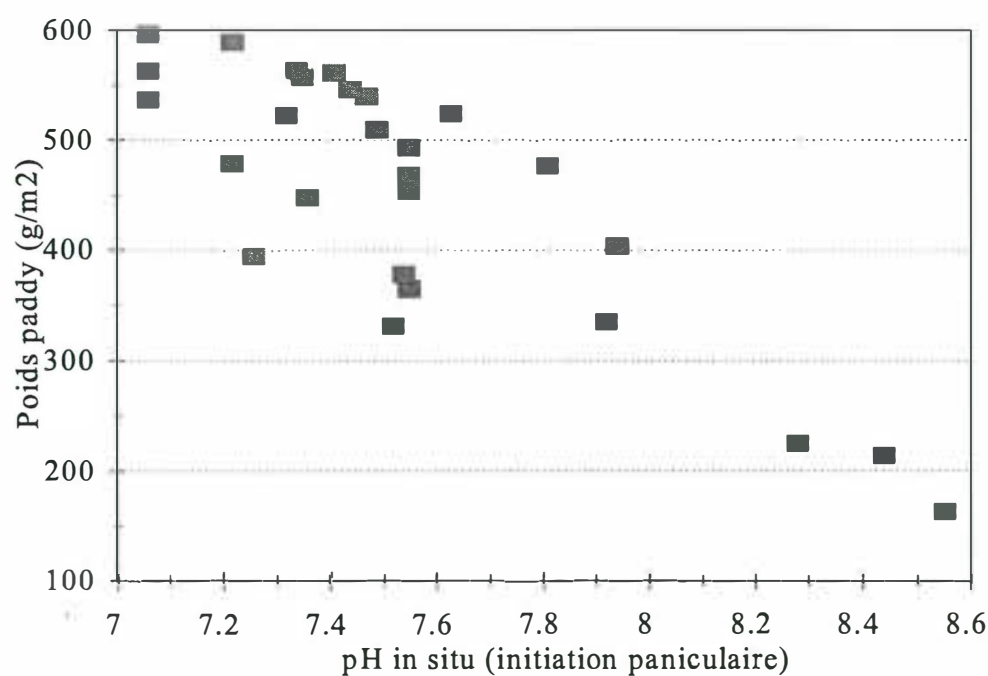


Figure 6.4. Relation entre le pH in situ et la production de paddy en milieu contrôlé

7. Fertilité des sols du Macina: analyses de résultats de l'enquête battage de la saison 1995

Une enquête a été réalisée par le suivi-évaluation (ON,1996¹) auprès de la plus grande partie des exploitations lors du battage à l'issue de la campagne 1995. Parmi les différentes informations recueillies, nous avons retenu les valeurs déclarées de la production de paddy à l'issue du battage et de la quantité d'engrais (DAP et Urée).

Le rendement apparaît très significativement corrélé à la quantité d'engrais utilisée ($r^2=0.20$) (fig. 7.1). Les quantités d'engrais utilisées sont faibles et contribuent à limiter la production rizicole dans la zone; une proportion importante d'exploitation déclare n'utiliser aucun engrais minéral. Cependant, la forte dispersion des points indique de nombreux autres facteurs contribuent aussi à expliquer les niveaux de production obtenus. Les écarts à la droite de régression (résidus linéaires) ont été calculés pour une exploitation ultérieure.

Nous avons ensuite considéré les valeurs moyennes obtenues dans les différents villages de la zone; les données issues des enquêtes ont été complétées par certaines données issues du cadastre ou des rendements agronomiques évalués par sondage (tab. 7.1):

- Il existe un écart considérable entre les rendements agronomiques obtenus par sondage (moyenne de 4739 kg/ha de paddy) et les rendements déclarés à l'issue du battage (2950 kg/ha); ces différences correspondraient à des pertes importantes au battage (38%).
- A la fois les quantités d'engrais utilisées et les rendements apparaissent très variables entre les différents villages de la zone (fig. 7.2). De plus, si les rendements moyens apparaissent globalement liés aux quantités moyennes d'engrais comme cela a été montré à l'échelle de la parcelle, les rendements obtenus dans certains villages ne semblent pas répondre aux quantités d'engrais utilisées. Cela conduit à distinguer trois grands types de situations (fig.7.2):
 - Type I: très faibles doses d'engrais (inférieures à 150 kg/ha), les rendements restent faibles (rendement battage moyen entre 2 et 2.5 t/ha). Il conviendrait de préciser les causes d'un comportement à priori irrationnel sur le plan agronomique;
 - Type II: doses d'engrais moyennes à satisfaisantes (150 à 300 kg/ha), les rendements répondent aux engrais (N, P) apportés. Ces villages ne semblent pas confrontés à des problèmes majeurs vis à vis de la production rizicole. Parmi eux, certains obtiennent des rendements moyens très satisfaisants (rendement moyen supérieur à 4.5 t/ha au battage), à l'exemple de Bamako coura (KK01);
 - Type III: doses d'engrais moyennes à satisfaisantes (150 à 300 kg/ha), les rendements ne répondent que partiellement aux engrais (N, P) apportés. Ces villages sont confrontés à une contrainte plus ou moins prononcée qui limite la production rizicole.
- Le cas du village de Dar-Salam (KK02) apparaît comme un cas particulier très affecté par cette contrainte.

Il est encore trop tôt pour identifier avec certitude la nature de ces contraintes. Cependant, une

¹Office du Niger-Zone du Macina, 1996. L'enquête de suivi du battage. 9p.+annexes

baisse de la fertilité (fatigue) des sols après plus de 50 ans de mise en valeur dans des conditions de mauvaise maîtrise technique: absence de fertilisation organique et minérale, mauvaise maîtrise de l'irrigation et du drainage, disponibilité insuffisante en équipements agricoles,... y contribue vraisemblablement comme le suggère certains résultats agronomiques récents mettant en évidence des carences en potassium (IER-PRI, 1998), voire en soufre (URDOC, 1998), dans le village de Dar-Salam.

Afin de mettre en évidence la variabilité spatiale de ces phénomènes, nous avons représenté la variabilité de la fertilité des sols par les résidus linéaires de la régression entre ces deux précédentes variables (fig. 7.3) sur le plan cadastral d'une partie du secteur Koly de la zone du Macina.

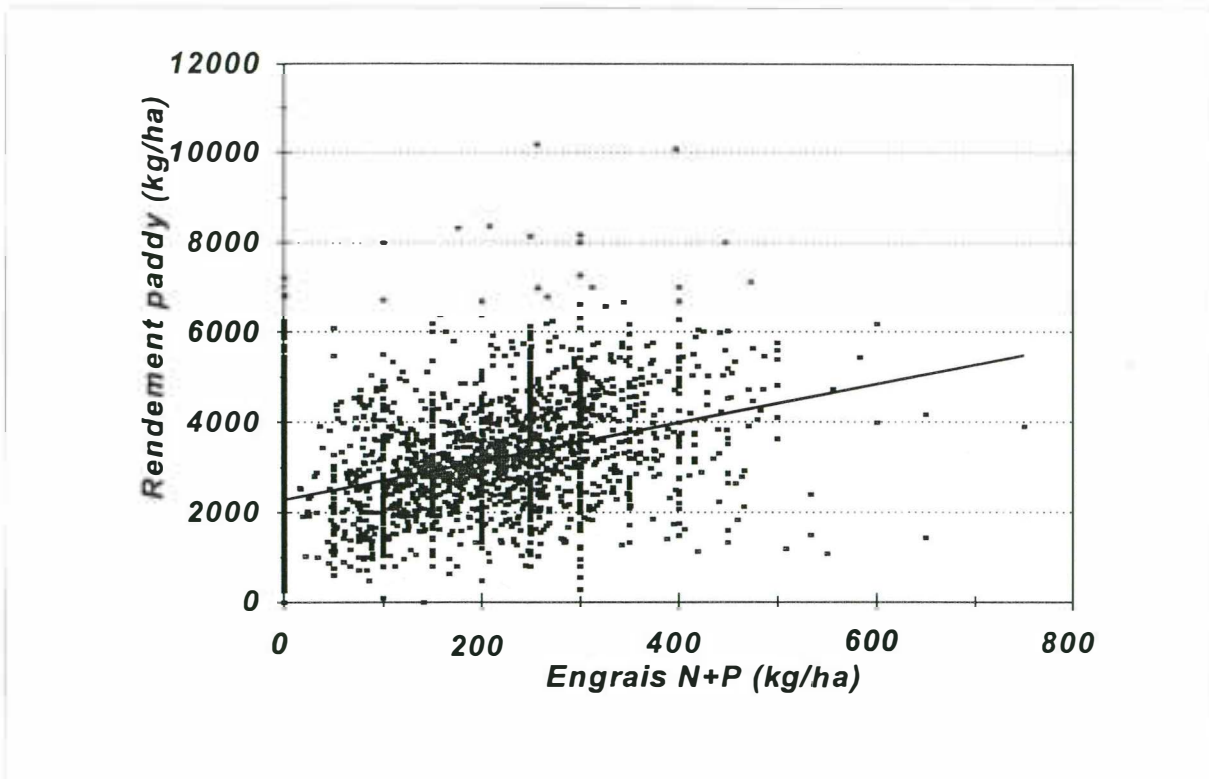


Figure 7.1. Relation entre la quantité totale d'engrais utilisée (DAP + Urée) et le rendement paddy déclaré au battage: zone du Macina - campagne 1995 (données ARPON-ON)

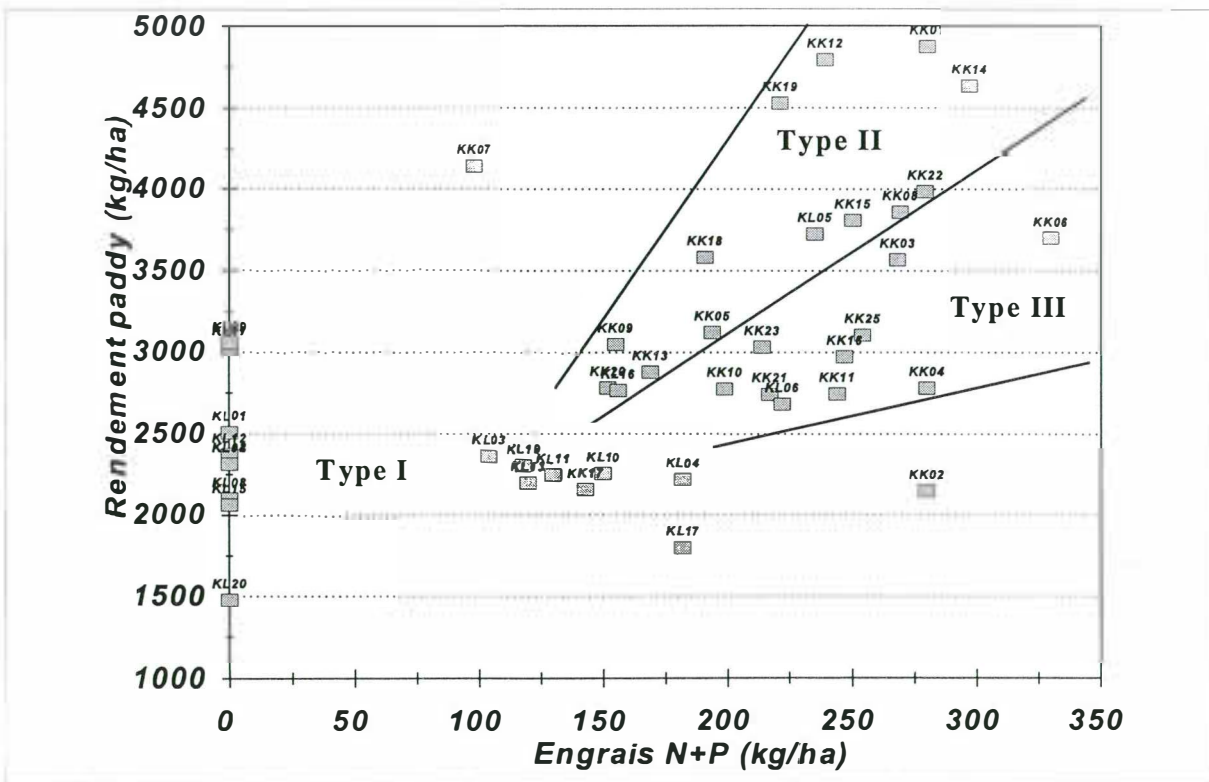


Figure 7.2. Relation entre la quantité d'engrais utilisée (DAP + urée) et le rendement paddy déclaré au battage: moyennes par village: zone du Macina - campagne 1995 (données ARPON-ON)



Fertilité des sols dans la zone du Macina (secteur de Kokry)
(Foncé: fertilité correcte - Grisé: fertilité déficiente - Blanc: pas de données)

ANNEXES: Données brutes

- Annexe 1.1. Résultats analytiques de l'horizon supérieur en 1951 et 1980, d'après Toujan (1980)
- Annexe 1.2. Résultats analytiques des horizons inférieurs en 1951 et 1980, d'après Toujan (1980)
- Annexe 2.1. Résultats d'analyse: prospection morphopédologique du Kala inférieur: horizon 0-10 cm, d'après Keïta (1996)
- Annexe 2.2. Résultats d'analyse: prospection morphopédologique du Kala inférieur: horizon 20-50 cm, d'après Keïta (1996)
- Annexe 2.3. Résultats d'analyse: prospection morphopédologique du Kala inférieur: horizon 50-100 cm, d'après Keïta (1996)
- Annexe 3.1. Analyses de sols: horizon 0-20 cm, zone de Niono (Office du Niger) en 1996
- Annexe 3.2. Analyses de sols: horizon 20-40 cm, zone de Niono (Office du Niger) en 1996
- Annexe 3.3. Analyses de sols: horizon 20-40 cm, zone de Niono (Office du Niger) en 1997
- Annexe 4.1. Arroseur G5-2d: données brutes (1997)
- Annexe 4.2. Arroseur KL3-7d: données brutes (1997)
- Annexe 4.3. Arroseur N1-2D-3g: données brutes (1997, 1998)
- Annexe 4.4. Arroseur N1-2g: données brutes (1997)
- Annexe 4.5. Arroseur N1-8d: données brutes (1997)
- Annexe 4.6. Arroseur N4-1g: données brutes (1997)
- Annexe 4.7. Arroseur N9-7D-1g: données brutes (1997)
- Annexe 4.8. Arroseur N9-8D-1d: données brutes (1997)
- Annexe 5. Evolution des sols: 1987-1997

Annexe 1.1: Résultats analytiques de l'horizon supérieur (d'après Toujan, 1980)

Code	Zone	Sol	Sables (%)		Limons (%)		Argiles (%)		pH		C(%)		N(%)	
			1951	1980	1951	1980	1951	1980	1951	1980	1951	1980	1951	1980
FO	Macina		30.0	84.3	28.4	4.3	41.6	11.4	5.70	6.40	0.78	0.19	0.08	0.02
SE	Macina		32.2	16.8	27.8	13.8	40.0	69.4	4.10	7.50	1.08	0.38	0.09	0.03
SA	Macina		34.7	27.5	26.4	18.8	38.9	53.7	4.10	5.30	1.26	0.66	0.08	0.07
D1	Macina		26.8	16.3	23.0	11.6	50.2	72.1	5.00	5.60	0.96	0.68	0.08	0.07
D2	Macina		21.3	26.3	22.5	9.5	56.2	64.2	5.20	5.80	1.16	0.66	0.11	0.08
D3	Macina		21.3	18.4	22.2	16.4	56.5	65.2	5.10	5.50	0.93	0.68	0.11	0.06
M1	Molodo		52.4	52.5	14.9	5.6	32.7	41.9	6.80	6.70	0.66	0.34	0.06	0.03
M2	Molodo		85.9	78.2	4.3	5.3	9.8	16.5	5.30	7.00	0.37	0.21	0.03	0.02
M3	Molodo		22.9	40.4	11.3	14.0	65.8	45.6	6.00	8.20	0.37	0.29	0.06	0.03
A	Niono		36.6	33.4	8.6	7.0	54.8	59.6	6.50	8.10	0.31	0.31	0.05	0.03
B	Niono		91.5	69.8	4.3	4.3	4.2	25.9	6.40	6.90	0.13	0.20	0.03	0.02
C	Niono		63.7	57.3	12.8	8.1	23.5	34.6	7.20	8.80	0.13	0.08	0.03	0.01
D	Niono		23.6	16.4	8.7	5.9	67.7	77.7	6.90	8.50	0.38	0.41	0.04	0.03
E	Niono		85.5	79.5	3.1	4.4	11.4	16.1	6.20	6.40	0.24	0.38	0.03	0.04
F	Niono		34.1	27.2	14.9	5.5	51.0	67.3	7.00	8.70	0.48	0.29	0.05	0.03
7	N'Debougou		56.9	69.5	10.8	10.0	32.3	20.5	6.00	6.70	0.37	0.16	0.04	0.02
8	N'Debougou		64.1	25.7	19.0	10.8	16.9	63.5	6.00	5.60	0.37	0.25	0.04	0.03
K1	Kala	Seno	90.3		7.7		2.0		5.75		0.22		0.03	
K2	Kala	Danga sab	90.3		4.2		5.5		6.20		0.29		0.03	
K3	Kala	Danga moy	84.6		5.4		10.0		5.80		0.23		0.03	
K4	Kala	Danga arg	71.0		7.3		21.7		5.30		0.52		0.04	
KM1	Kouroumari	Danga blé	55.0		7.5		37.5		4.60		0.36		0.04	
KM2	Kouroumari	Dian	36.1		9.1		54.8		6.30		0.47		0.03	
KM3	Kouroumari	Moursi	30.0		11.0		59.0		6.70		0.36		0.03	
MC1	Macina	Danga fing	64.4		24.6		11.0		4.50		1.06		0.08	
MC2	Macina	Boi	65.0		18.0		17.0		5.50		0.68		0.06	
MC3	Macina	Boi fing	33.0		30.0		37.0		4.10		1.26		0.08	
MC4	Macina	Boi fing	20.9		24.1		55.0		5.20		1.16		0.11	
MC5	Macina	Moursi	15.5		34.5		50.0		6.80		0.35		0.03	

Annexe 1.1: Résultats analytiques de l'horizon supérieur (d'après Toujan, 1980) - suite

C/N	Na éch. (meq/100g)		K éch. (meq/100g)		Perm. 1h (cm/mn)		Perm. 15 h (cm/mn)		ESP (%)		Phosph. total (p.mil.)	
	1951	1980	1951	1980	1951	1980	1951	1980	1951	1980	1951	1980
1951												
1980												
10.0	0.34	0.03	0.80	0.14	0.035	0.053	0.013	0.020	2.04	0.66	0.25	0.18
12.4	0.11	0.37	0.80	0.18	0.045	0.015	0.006	0.005	0.69	1.33	0.38	0.47
15.2	0.00	0.13	0.47	0.09	0.250	0.087	0.030	0.025	0.00	0.61	0.19	1.22
11.4	0.11	0.38	0.40	0.15	0.080	0.073	0.019	0.002	0.55	1.32	0.17	0.94
10.4	0.33	0.56	0.52	0.09	0.130	0.117	0.054	0.022	1.47	2.18	0.18	0.98
8.8	0.44	0.42	0.40	0.10	0.065	0.012	0.011	0.013	1.95	1.61	0.48	1.19
10.6	0.00	0.39	0.40	0.11	0.070	0.050	0.006	0.023	0.00	2.33	0.18	0.35
11.9	0.00	0.05	0.27	0.08	0.043	0.035	0.011	0.013	0.00	0.76	0.14	0.19
6.7	0.00	1.40	0.27	0.17	0.057	0.012	0.002	0.003	0.00	7.68	0.3	0.2
6.9	0.11	0.74	0.80	0.20	0.024	0.008	0.002	0.005	0.50	3.10	0.15	0.36
4.6	0.11	0.06	0.40	0.22	0.065	0.068	0.015	0.035	6.55	0.58	0.03	0.25
4.6	0.90	1.22	0.40	0.11	0.004	0.002	0.001	0.001	9.57	8.82	0.07	0.19
9.7	1.10	1.48	0.53	0.40	0.008	0.058	0.001	0.015	4.06	4.76	0.15	0.51
8.6	0.11	0.10	0.40	0.11	0.035	0.047	0.013	0.022	2.41	1.55	0.07	0.23
10.0	0.11	2.40	0.40	0.29	0.100	0.015	0.022	0.007	0.54	8.92	0.09	0.33
9.5	0.11	0.06	0.68	0.11	0.072	0.017	0.017	0.005	0.85	0.73	0.03	0.27
8.8	0.22	0.28	0.40	0.33	0.026	0.017	0.001	0.005	3.25	1.10	0.05	0.43
8.8	0.11		0.93		0.185	0.017	0.092		13.75		0.12	
9.7	0.11		0.78		0.033	0.018	0.018		5.00		0.17	
7.5	0.22		0.25		0.067	0.024	0.024		5.50		0.096	
13.0	0.22		0.32		0.012	0.004	0.004		2.53		0.2	
10.3	0.11		3.00		0.065		0.032		0.73		0.18	
14.6	0.45		0.45		0.021				2.05		0.13	
13.5	0.22		1.00		0.285		0.175		0.93		0.24	
13.6	0.22		0.95		0.013		0.002		5.00		0.52	
11.8	0.45		0.52		0.005		0.001		6.62		0.23	
15.2	0.00		0.47		0.250		0.030		0.00		0.19	
10.4	0.33		0.52		0.130		0.054		1.50		0.185	
12.5	0.22		0.28		0.067		0.022		1.10		0.19	

Annexe 1.2: Résultats analytiques des horizons inférieurs (d'après Toujan, 1980)

Code	Prof	Sables (%)		Limons (%)		Argiles (%)		Perm. 1h (cm/min)	
		1951	1980	1951	1980	1951	1980	1951	1980
FO	25-50	17.4	81.1	17.4	3.6	65.2	15.3	0.066	0.058
FO	50-75	16.8	80.5	13.1	4.7	70.1	14.8	0.05	0.06
SE	25-50	21.4	16.0	15.8	12.7	62.8	71.3	0.5	0.01
SA	25-50	27.0	17.7	19.1	10.6	53.9	71.7	0.36	0.095
D1	30-60	21.4	15.8	14.5	8.1	64.1	76.1	0.35	0.098
D2	25-50	23.5	29.5	18.1	15.1	58.4	55.4	0.28	0.132
D2	50-75	31.7	25.3	18.2	9.0	50.1	65.7		
D3	25-50	17.3	17.0	14.1	6.1	68.6	76.9	0.32	0.088
D3	50-75	24.6	13.2	13.9	7.1	61.5	79.7		
M1	25-50	26.2	43.8	15.9	6.1	57.9	50.1	0.096	0.045
M1	50-75	22.7	31.4	11.7	5.0	65.6	63.6	0.068	0.001
M2	30-60	69.2	72.2	10.3	5.8	20.5	22.0	0.083	0.04
M3	30-60	16.5		16.3		67.2		0.001	0.001
A	25-50	29.6	34.1	12.4	7.0	58.0	58.9	0.017	0.005
A	50-75	30.8	32.0	10.5	7.0	58.7	61.0	0.049	0.01
B	25-50	70.3	60.8	9.9	4.3	19.8	34.9	0.065	0.047
B	50-75	70.6	60.9	6.3	4.3	23.1	34.8	0.08	0.038
C	25-50	56.8	55.9	18.5	9.1	24.7	35.0	0.002	0.002
C	50-75	61.0	56.1	13.0	8.6	26.0	35.3	0.001	0.002
D	25-50	20.7	14.7	14.3	6.0	65.0	79.3	0.013	0.004
D	50-75	21.8	13.6	12.4	6.1	65.8	80.3	0.028	0.001
E	25-50	73.8	76.0	5.0	6.8	21.2	17.2	0.082	0.015
E	50-75	67.3	67.2	7.7	5.4	25.0	27.4	0.093	0.025
F	25-50	33.6	27.6	12.9	5.5	53.5	66.9	0.12	0.008
F	50-75	26.6	27.0	15.1	6.3	58.3	66.7	0.043	0.001
7	25-50	47.8	56.7	10.5	11.6	41.7	31.7	0.086	0.008
8	30-60	53.5	25.4	14.8	11.9	31.7	62.7	0.013	0.015

Annexe 1.2: Résultats analytiques des horizons inférieurs (d'après Toujan, 1980) - suite

Perm. 15 h (cm/min)		Na éch. (meq/100g)		ESP (%)		pH	
1951	1980	1951	1980	1951	1980	1951	1980
0.009	0.017	0.57	0.08	2.19	1.31	5.60	6.90
0.009	0.015	0.68	0.10	2.43	1.69	5.70	7.00
0.25	0.003	0.00	0.54	0.00	1.89	4.00	8.00
0.052	0.025	0.00	0.15	0.00	0.52	4.30	5.20
0.069	0.022	0.11	0.22	0.43	0.72	4.90	5.50
0.022	0.033	0.11	0.48	0.47	2.17	5.40	5.60
		0.00	0.45	0.00	1.71	5.30	5.60
0.065	0.023	0.22	0.34	0.80	1.11	4.80	5.80
		0.11	0.34	0.45	1.07	4.80	5.20
0.015	0.015	0.11	0.58	0.47	2.89	6.80	6.20
0.015	0.001	0.00	1.40	0.00	5.50	6.80	8.50
0.028	0.013	0.22	0.05	2.68	0.57	5.70	7.00
0.001	0.001	1.10	1.96	4.09		7.20	8.50
0.002	0.003	0.22	0.67	0.95	2.84	6.70	8.20
0.007	0.007	0.22	0.49	0.94	2.01	6.90	8.20
0.004	0.03	0.33	0.07	4.17	0.50	5.20	6.80
0.011	0.02	0.11	0.07	1.19	0.50	5.50	7.10
0.001	0.001	0.90	1.20	9.11	8.57	7.20	8.60
0.001	0.001	1.00	1.26	9.62	8.92	7.30	8.70
0.002	0.003	1.00	2.82	3.85	8.89	6.80	8.50
0.001	0.001	1.10	4.60	4.18	14.32	7.20	8.60
0.026	0.008	0.11	0.06	1.30	0.87	5.50	6.70
0.043	0.013	0.22	0.09	2.20	0.82	5.50	6.30
0.037	0.002	0.00	3.78	0.00	14.13	7.00	9.10
0.006	0.001	0.22	6.06	0.94	22.71	7.10	9.20
0.015	0.003	0.11	0.07	0.66	0.55	5.50	5.40
0.001	0.003	0.65	0.33	5.13	1.32	6.90	5.60

Annexe 2.1: Résultats d'analyse: prospection morphopédologique du Kala inf.: horizon 0-20 cm (d'après Keïta, 1996)

Tout	Moyenne	25.1	24.4	50.6	0.53	0.06	11.3	6.0	4.8	1.9	0.27	0.75	12.2	58	7.4	130	112
	Médiane	23.7	23.7	49.9	0.50	0.05	8.8	5.7	3.5	1.5	0.20	0.45	11.6	49	4.1	60	108
	Ecart-type	14.2	7.2	16.9	0.22	0.05	8.3	1.2	3.7	1.5	0.22	0.84	6.0	36	9.7	125	43
	Min	3.2	9.3	14.4	0.07	0.01	0.3	4.3	0.3	0.1	0.00	0.00	2.7	10	0.0	4	10
Levée	Max	57.0	48.3	83.4	1.14	0.45	51.0	9.6	16.9	8.0	0.99	6.90	31.8	339	60.4	570	263
	Moyenne	13.6	23.9	62.5	0.46	0.05	11.1	5.8	3.0	1.2	0.18	0.65	8.6	73	8.8	112	94
	Médiane	12.6	23.1	64.4	0.47	0.05	8.7	5.5	2.3	0.9	0.14	0.30	7.3	56	4.4	45	89
	Ecart-type	7.1	7.8	12.6	0.17	0.03	8.1	1.2	2.7	1.2	0.15	0.80	4.9	48	11.7	116	35
Cuvettes	Min	3.2	9.3	28.7	0.10	0.01	1.7	4.3	0.4	0.1	0.00	0.00	2.7	28	0.0	10	29
	Max	38.3	43.4	83.4	1.13	0.20	51.0	9.6	16.2	8.0	0.88	3.38	27.3	339	60.4	560	198
	Moyenne	34.0	24.7	41.3	0.58	0.07	11.4	6.2	6.3	2.5	0.34	0.82	14.9	46	6.2	143	126
	Médiane	33.2	24.2	39.2	0.59	0.06	8.8	5.8	5.0	2.3	0.27	0.64	14.9	44	3.7	67	121
num	Ecart-type	11.7	6.7	13.7	0.24	0.06	8.5	1.2	3.8	1.4	0.24	0.86	5.3	15	7.5	130	44
	Min	6.8	11.3	14.4	0.07	0.01	0.3	4.6	0.3	0.2	0.04	0.00	4.0	10	0.0	4	10
	Max	57.0	48.3	77.6	1.14	0.45	50.0	9.4	16.9	7.7	0.99	6.90	31.8	111	42.2	570	263
	Soi	Arg	Lim	Sab	C	N	C/N	pH	Ca	Mg	K	Na	CEC	CEC/A	ESP	CE	Ptotal
meq/100g																	
318	1	9.1	17.4	73.5	0.23	0.06	3.8	5.3	2.3	0.4	0.15	0.00	5.4	59	0.0	30	83
	1	15.2	35.5	49.3	0.50	0.07	7.1	4.8	1.1	1.6	0.23	0.04	10.6	70	0.4	80	133
	1	18.8	26.8	54.4	0.47	0.10	4.7	6.0	3.4	1.5	0.10	0.10	18.4	98	0.5	30	104
	1	5.7	19.8	74.5	0.53	0.05	10.6	8.0	5.9	2.2	0.10	0.10	14.8	260	0.7	88	88
219	1	18.6	26.2	55.2	0.45	0.08	5.6	5.2	2.1	0.9	0.15	0.10	14.8	80	0.7	45	112
	1	24.8	36.2	39.0	0.61	0.04	15.3	5.0	2.7	1.3	0.20	0.10	12.1	49	0.8	40	123
	1	23.8	20.5	55.7	0.59	0.02	29.5	5.4	3.1	1.3	0.12	0.10	11.2	47	0.9	50	139
	1	20.3	31.8	47.9	0.61	0.02	30.5	5.9	4.0	1.9	0.20	0.10	9.5	47	1.1	70	136
256	1	18.3	28.7	53.0	0.55	0.07	7.9	4.6	3.5	0.9	0.35	0.12	11.2	61	1.1	90	90
	1	26.1	34.0	39.9	0.68	0.06	11.3	5.2	2.6	2.2	0.15	0.15	13.3	51	1.1	104	104
	1	10.2	27.5	62.3	0.33	0.02	16.5	5.5	4.9	1.3	0.18	0.11	9.4	92	1.2	30	79
	1	15.6	35.5	48.9	0.49	0.10	4.9	5.1	2.0	0.9	0.10	0.10	7.7	49	1.3	10	89
210	1	15.3	21.2	63.5	0.34	0.10	3.4	5.7	2.0	1.1	0.10	0.10	7.7	50	1.3	20	132
	1	8.1	19.0	72.9	0.25	0.05	5.0	4.8	1.2	0.3	0.09	0.08	6.1	75	1.3	40	102
	1	25.8	24.3	49.9	0.45	0.20	2.3	7.8	2.4	1.6	0.10	0.25	18.4	71	1.4	270	62
	1	28.4	20.3	51.3	0.84	0.07	12.0	5.1	3.3	1.2	0.21	0.18	12.5	44	1.4	40	152
298	1	14.5	27.0	58.5	0.26	0.02	13.0	4.8	1.5	0.7	0.10	0.10	6.8	47	1.5	30	150
	1	15.0	24.0	61.0	0.44	0.04	11.0	5.8	1.7	1.0	0.15	0.10	6.4	43	1.6	50	123
	1	13.6	26.0	60.4	0.60	0.07	8.6	4.9	5.2	1.7	0.30	0.12	7.3	54	1.6	79	79
	1	26.3	25.5	48.2	0.41	0.04	10.3	5.8	3.8	2.2	0.20	0.25	15.2	58	1.6	200	118
231	1	10.0	12.8	77.2	0.47	0.04	11.7	5.7	1.4	0.5	0.14	0.10	6.0	60	1.7	50	50
	1	6.5	19.8	73.7	0.56	0.04	14.0	5.0	2.8	0.5	0.07	0.06	3.4	52	1.8	80	80
	1	6.0	18.3	75.7	0.27	0.04	6.8	4.9	1.2	0.4	0.10	0.15	8.4	140	1.8	65	65
	1	20.0	21.9	58.1	0.30	0.06	5.0	5.8	2.9	1.1	0.22	0.14	7.5	38	1.9	30	53

Annexe 2.1 : Résultats d'analyse: prospection morphopédologique du Kala inf.: horizon 0-20 cm (d'après Keïta, 1996)

166	1	8.1	16.9	75.0	0.48	0.05	9.6	4.3	3.5	0.4	0.05	0.08	4.0	49	2.0	79
70	1	11.0	16.9	72.1	0.42	0.05	8.4	8.5	4.1	0.3	0.02	0.10	5.0	45	2.0	40
296	1	16.0	40.3	43.7	0.45	0.06	7.5	5.0	2.1	0.9	0.10	0.20	9.9	62	2.0	118
191	1	17.1	22.9	60.0	0.37	0.01	37.0	5.5	3.3	1.6	0.20	0.40	19.2	112	2.1	77
173	1	22.1	29.0	48.9	0.10	0.06	1.7	5.0	2.0	0.9	0.12	0.21	9.3	42	2.3	102
154	1	4.7	21.0	74.3	0.52	0.03	17.3	5.3	0.9	0.3	0.07	0.15	6.5	138	2.3	93
126	1	38.3	33.0	28.7	0.82	0.09	9.1	5.5	6.4	2.9	0.33	0.40	17.2	45	2.3	128
190	1	7.6	23.3	69.1	0.60	0.02	30.0	5.2	1.9	0.8	0.10	0.10	4.1	54	2.4	61
262	1	10.2	27.5	62.3	0.43	0.02	21.5	5.8	1.2	0.3	0.05	0.10	4.0	39	2.5	79
209	1	17.4	17.4	65.2	0.60	0.20	3.0	5.3	3.6	1.4	0.20	0.25	9.8	56	2.6	101
168	1	7.9	25.3	66.8	0.42	0.01	42.0	5.1	1.3	0.4	0.10	0.12	4.7	59	2.6	76
84	1	12.0	23.6	64.4	0.40	0.04	10.0	5.5	1.2	0.6	0.18	0.17	6.4	53	2.7	52
184	1	17.7	38.5	43.8	0.42	0.05	8.4	5.8	3.3	1.4	0.10	0.20	7.5	42	2.7	114
299	1	24.9	38.8	36.3	0.57	0.04	14.2	5.4	1.4	1.6	0.10	0.30	10.6	43	2.8	200
442	1	6.2	21.4	72.4	0.65	0.07	9.3	5.7	1.0	0.4	0.44	0.16	5.6	90	2.9	82
204	1	3.2	20.9	75.9	0.22	0.03	7.3	4.9	1.7	0.3	0.05	0.10	3.2	100	3.1	59
300	1	15.5	25.4	59.1	0.47	0.05	9.4	5.2	2.6	1.0	0.14	0.26	8.0	52	3.3	100
139	1	32.8	20.8	46.4	0.80	0.05	16.0	4.6	6.5	1.9	0.16	0.60	17.4	53	3.4	148
189	1	8.6	27.6	63.8	0.30	0.02	15.0	5.3	1.2	0.3	0.10	0.15	4.1	48	3.7	104
8	1	14.1	16.6	69.3	0.47	0.04	11.7	5.1	2.1	0.7	0.21	0.21	5.7	40	3.7	140
98	1	16.8	16.6	66.6	0.30	0.05	6.0	5.8	3.7	2.6	0.22	0.29	7.8	46	3.7	160
227	1	6.8	12.6	80.6	0.50	0.08	6.3	5.6	1.2	0.4	0.11	0.16	3.7	54	4.3	55
181	1	16.1	28.7	55.2	0.51	0.01	51.0	4.7	2.0	0.7	0.20	0.40	9.2	57	4.3	104
211	1	6.7	20.5	72.8	0.26	0.10	2.6	4.3	0.4	0.3	0.10	0.20	4.6	69	4.3	91
1	1	18.6	16.9	64.5	0.60	0.05	12.0	5.5	3.6	1.2	0.88	0.42	9.6	52	4.4	143
313	1	8.8	24.5	66.7	0.27	0.04	6.8	5.2	1.4	0.2	0.12	0.39	8.9	101	4.4	105
165	1	12.6	21.4	66.0	0.55	0.04	13.8	5.3	3.8	0.9	0.08	0.25	5.3	42	4.7	89
203	1	4.4	23.7	71.9	0.32	0.10	3.2	5.1	0.8	0.3	0.05	0.30	6.3	143	4.8	63
197	1	20.4	21.7	57.9	0.28	0.02	14.0	5.7	2.9	1.1	0.10	0.40	8.2	40	4.9	100
288	1	8.2	20.2	71.6	0.52	0.06	8.7	5.8	2.7	0.8	0.14	0.30	6.1	74	4.9	90
54	1	10.6	16.7	72.7	0.90	0.06	15.0	5.5	0.6	0.1	0.02	0.19	3.8	36	5.0	33
290	1	6.4	28.7	64.9	0.50	0.05	10.0	7.7	2.4	1.3	0.10	0.32	6.1	95	5.2	87
78	1	15.7	17.0	67.3	0.26	0.06	4.3	8.1	14.4	6.6	0.24	1.29	22.5	143	5.7	85
187	1	13.3	36.2	50.5	0.34	0.03	11.3	5.6	2.1	0.9	0.20	0.40	6.6	50	6.1	87
252	1	21.3	32.3	46.4	0.51	0.08	6.4	5.1	8.1	1.4	0.20	0.84	13.4	63	6.3	116
233	1	12.8	9.3	77.9	0.39	0.06	6.5	6.0	2.2	1.0	0.11	0.49	7.5	59	6.5	54
459	1	25.8	36.5	37.7	0.45	0.06	7.5	5.9	3.7	1.8	0.85	0.53	7.8	30	6.8	130
281	1	7.1	21.8	71.1	0.29	0.10	2.9	5.3	1.2	0.5	0.10	0.30	4.4	62	6.8	65
433	1	25.1	31.3	43.6	0.64	0.09	7.1	5.8	3.3	1.5	0.53	0.78	11.2	45	7.0	230
279	1	16.2	26.3	57.5	0.31	0.04	7.8	5.9	3.7	1.3	0.10	0.65	9.0	56	7.2	109
258	1	10.1	33.1	56.8	0.26	0.02	13.0	5.8	2.4	0.7	0.08	0.49	6.6	65	7.4	75

Annexe 2.1 : Résultats d'analyse: prospection morphopédologique du Kala inf.: horizon 0-20 cm (d'après Keïta, 1996)

287	1	14.0	23.1	62.9	0.36	0.05	7.2	5.7	2.5	1.3	0.21	0.55	7.0	50	7.9	130	135
438	1	15.0	31.9	53.1	0.61	0.07	8.7	5.9	3.1	1.4	0.15	1.50	18.1	121	8.3	150	136
15	1	14.8	17.6	67.6	0.49	0.04	12.3	8.5	16.2	8.0	0.17	2.97	27.3	184	10.9	40	97
236	1	7.8	11.2	81.0	0.33	0.06	5.5	5.3	0.9	0.4	0.09	0.50	4.5	58	11.1		55
293	1	10.8	26.6	62.6	0.19	0.05	3.8	5.8	2.7	0.8	0.10	0.60	5.4	50	11.1	40	86
289	1	4.8	23.5	71.7	0.91	0.10	9.1	4.6	0.4	0.2	0.00	0.30	2.7	56	11.1	60	91
125	1	5.6	18.7	75.7	0.49	0.04	12.3	8.7	11.3	2.7	0.15	2.14	19.0	339	11.3	420	58
437	1	10.4	17.8	71.8	0.63	0.08	7.9	9.6	7.0	1.3	0.11	2.08	17.1	164	12.2	560	120
224	1	10.7	9.6	79.7	0.38	0.05	7.6	5.5	1.1	0.4	0.09	1.00	8.2	77	12.2	35	66
306	1	4.4	13.3	82.3	0.24	0.02	12.0	4.9	1.1	0.2	0.02	0.55	4.5	102	12.2	20	55
302	1	27.7	33.7	38.6	0.65	0.07	9.3	7.8	8.2	4.5	0.21	1.87	14.8	53	12.6	290	198
447	1	18.8	31.8	49.4	0.54	0.08	6.8	8.1	4.0	1.8	0.68	0.96	7.4	39	13.0	180	120
452	1	17.0	43.4	39.6	0.53	0.06	8.8	5.8	2.2	1.5	0.50	0.66	4.8	28	13.8	60	143
453	1	14.6	42.0	43.4	0.47	0.06	7.8	5.0	3.2	1.2	0.37	0.83	6.0	41	13.8	160	137
116	1	7.3	15.7	77.0		0.06		5.3	1.0	0.3	0.15	0.65	4.6	63	14.1	50	29
208	1	4.9	16.5	78.6	0.31	0.06	5.2	6.0	2.1	0.6	0.30	0.60	4.2	86	14.3	40	39
308	1	8.3	24.0	67.7	0.54	0.04	13.5	4.5	2.1	0.6	0.07	0.80	5.5	66	14.5	90	93
458	1	7.1	38.2	54.7	0.42	0.05	8.4	5.3	1.2	0.7	0.49	0.67	4.3	61	15.6	140	63
440	1	7.3	22.3	70.4	0.55	0.07	7.9	5.3	0.9	0.7	0.48	0.56	3.4	47	16.5	150	93
240	1	6.9	12.8	80.3	0.33	0.05	6.6	8.6	8.2	3.9	0.20	2.53	15.0	217	16.9	340	112
124	1	11.6	26.1	62.3	0.78	0.05	15.6	8.6	8.2	3.9	0.21	2.53	15.0	129	16.9	320	85
188	1	7.9	33.2	58.9	0.12	0.02	6.0	4.7	0.8	0.2	0.25	0.60	3.5	44	17.1	430	79
239	1	14.3	20.0	65.7	0.55	0.08	6.9	5.3	1.4	0.7	0.11	1.61	7.4	52	21.8		63
73	1	5.7	21.1	73.2	0.34	0.04	8.5	8.5	0.6	0.5	0.02	0.91	4.0	70	22.8	270	50
319	1	22.4	28.9	48.7	0.53	0.07	7.6	4.8	3.3	1.3	0.27	3.05	12.0	54	25.4	50	75
149	1	7.1	13.4	79.5	0.35	0.03	11.7	7.6	2.3	0.4	0.17	1.64	6.2	87	26.5		59
136	1	11.3	20.8	67.9	0.38	0.02	19.0	5.1	1.2	0.5	0.12	1.35	5.0	44	27.0	40	68
69	1	4.4	20.8	74.8	0.30	0.02	15.0	9.5	3.2	0.4	0.09	1.54	5.3	120	29.1	400	36
58	1	13.0	15.4	71.6	0.40	0.05	8.0	4.6	0.9	0.3	0.11	2.42	5.2	40	46.5	80	
225	1	7.0	9.6	83.4	1.13	0.04	28.2	5.8	1.3	0.6	0.07	3.38	6.4	91	52.8	40	50
276	1	12.2	27.4	60.4	0.49	0.04	12.3	8.0	0.7	0.4	0.18	2.11	3.5	29	60.3	80	150
232	1	8.3	9.6	82.1	0.55	0.05	11.0	5.1	0.5	0.2	0.07	3.38	5.6	67	60.4		46
108	2	34.3	15.9	49.8	0.84	0.08	10.5	5.5	4.9	2.1	0.15	0.00	12.3	36	0.0	150	148
263	2	52.8	32.8	14.4	0.88	0.02	44.0	5.6	11.8	5.0	0.35	0.08	22.0	42	0.4	50	141
222	2	44.0	28.1	27.9	0.51	0.04	12.8	6.0	12.9	3.2	0.30	0.10	26.6	60	0.4	60	180
72	2	33.9	25.6	40.5		0.08		5.8	7.5	3.7	0.48	0.10	20.0	59	0.5	100	115
217	2	39.6	19.2	41.2	0.88	0.10	8.8	5.2	3.3	1.9	0.30	0.10	16.5	42	0.6	30	143
91	2	17.2	17.1	65.7	0.50	0.06	8.3	6.0	4.6	1.3	0.21	0.10	15.4	90	0.6	50	79
152	2	47.4	29.1	23.5	0.52	0.04	13.0	5.2	2.4	2.2	0.20	0.15	21.5	45	0.7	500	85
321	2	32.8	28.2	39.0	0.65	0.05	13.0	5.0	7.5	3.3	0.26	0.14	19.5	59	0.7	30	161
186	2	29.2	26.4	44.4	0.44	0.06	7.3	5.8	5.1	1.9	0.25	0.10	13.9	48	0.7		107

Annexe 2.1 : Résultats d'analyse: prospection morphopédologique du Kala inf.: horizon 0-20 cm (d'après Keita, 1996)

137	2	21.8	16.6	61.6	0.44	0.05	8.8	4.7	2.3	0.5	0.16	0.12	16.5	76	0.7	40	115
179	2	53.7	26.2	20.1	0.02	0.02		5.4	5.0	3.2	0.20	0.10	13.4	25	0.7	40	130
55	2	13.2	23.5	63.3	0.50	0.01	50.0	6.0	1.7	0.8	0.20	0.11	14.7	111	0.7	20	70
163	2	14.7	26.5	58.8	0.59	0.05	11.8	5.1	1.0	0.6	0.15	0.04	5.2	35	0.8	30	90
249	2	29.9	22.7	47.4	0.48	0.06	8.0	5.7	6.3	1.8	0.20	0.10	12.0	40	0.8	50	139
274	2	34.8	28.3	36.9	0.82	0.03	27.3	5.8	6.3	2.3	0.28	0.12	14.3	41	0.8	40	137
172	2	29.0	32.7	38.3	0.42	0.06	7.0	5.6	7.3	2.6	0.22	0.16	18.6	64	0.9	40	64
83	2	23.6	22.5	53.9	0.60	0.09	6.7	5.3	3.3	1.8	0.15	0.10	11.3	48	0.9	60	102
220	2	27.9	24.1	48.0	0.56	0.07	8.0	5.3	5.3	2.1	0.20	0.10	10.8	39	0.9	30	132
282	2	14.4	24.9	60.7	0.56	0.03	18.7	5.5	3.3	1.2	0.33	0.10	10.6	74	0.9	70	145
162	2	24.6	17.1	58.3	0.53	0.05	10.6	5.4	2.9	2.4	0.27	0.10	10.1	41	1.0		124
205	2	54.3	22.6	23.1	0.79	0.40	2.0	5.2	6.2	3.1	0.40	0.10	9.8	18	1.0	30	160
156	2	39.6	31.5	28.9	0.11	0.04	2.8	5.8	10.4	2.1	0.32	0.24	23.4	59	1.0	160	163
200	2	17.7	37.2	45.1	0.65	0.10	6.5	5.1	2.1	0.8	0.20	0.10	8.4	47	1.2	40	120
180	2	43.6	30.0	26.4	0.75	0.02	37.5	5.8	9.2	3.1	0.20	0.25	18.4	42	1.4	50	196
193	2	21.1	24.7	54.2	0.17	0.02	8.5	5.3	5.5	2.5	0.10	0.30	22.0	104	1.4	60	110
85	2	36.0	21.9	42.1	0.64	0.08	8.0	5.7	1.3	0.6	0.05	0.15	10.8	30	1.4	190	136
284	2	18.2	29.6	52.2	0.47	0.03	15.7	5.2	2.8	1.1	0.14	0.14	9.1	50	1.5	40	135
57	2	32.4	21.9	45.7	0.50	0.05	10.0	5.4	5.3	2.8	0.20	0.22	14.0	43	1.6	30	70
207	2	24.7	18.0	57.3	0.43	0.02	21.5	5.8	4.0	0.8	0.20	0.10	6.3	26	1.6	60	98
201	2	42.6	24.2	33.2	0.61	0.10	6.1	5.6	4.2	3.0	0.30	0.30	18.9	44	1.6	50	158
66	2	23.5	21.6	54.9	0.60	0.07	8.6	6.0	1.9	0.8	0.13	0.20	12.3	52	1.6	60	
140	2	9.2	14.9	75.9	0.47	0.05	9.4	4.9	2.9	0.5	0.09	0.10	5.6	61	1.8		89
113	2	45.6	27.0	27.4	0.74	0.05	14.8	5.5	4.7	2.4	0.22	0.22	12.3	27	1.8	140	78
417	2	33.0	34.5	32.5	1.11	0.14	7.9	7.7	14.6	0.6	0.76	0.32	16.5	50	1.9	200	171
178	2	31.2	24.7	44.1	0.07	0.09	0.8	5.0	7.0	2.0	0.30	0.30	15.0	48	2.0	50	118
174	2	32.6	20.3	47.1	0.54	0.05	10.8	5.0	3.8	1.7	0.37	0.29	14.3	44	2.0	30	90
316	2	13.4	29.1	57.5	0.30	0.07	4.3	5.0	2.0	0.5	0.09	0.16	7.8	58	2.1		75
141	2	33.2	12.3	54.5	0.07	0.05	1.4	5.0	3.6	0.8	0.07	0.32	14.4	43	2.2	70	96
283	2	54.8	24.9	20.3	0.92	0.06	15.3	5.9	11.8	3.6	0.34	0.51	22.2	41	2.3	120	220
22	2	32.7	20.8	46.5	0.60	0.06	10.0	5.9	4.5	2.9	0.26	0.33	14.3	44	2.3	60	10
117	2	51.2	17.6	31.2	0.12	0.44	0.3	4.8	8.3	3.8	0.49	0.50	21.1	41	2.4	280	136
175	2	25.6	25.5	48.9	0.66	0.08	8.3	5.7	13.0	1.9	0.63	0.40	16.0	63	2.5		228
221	2	48.2	23.0	28.8	0.60	0.07	8.6	6.0	12.4	4.2	0.40	0.65	25.9	54	2.5	80	167
115	2	28.4	20.9	50.7	0.56	0.07	8.0	5.2	3.3	1.4	0.49	0.25	9.5	33	2.6	80	100
229	2	39.0	22.0	39.0	0.72	0.08	9.0	5.5	1.9	1.1	0.11	0.45	16.6	43	2.7		83
25	2	21.5	20.4	58.1	0.30	0.06	5.0	5.8	2.3	1.3	0.11	0.29	10.3	48	2.8	20	108
242	2	31.9	15.8	52.3	0.61	0.10	6.1	5.4	4.4	2.0	0.15	0.43	15.2	48	2.8		122
88	2	26.3	25.6	48.1	0.70	0.02	35.0	5.5	2.5	1.3	0.24	0.38	13.2	50	2.9	80	126
128	2	32.6	27.3	40.1	0.79	0.12	6.6	5.8	3.6	1.7	0.23	0.41	14.2	44	2.9	60	122
271	2	45.7	28.2	26.1	0.74	0.02	37.0	6.0	12.4	5.1	0.28	0.66	22.8	50	2.9	60	137

Annexe 2.1: Résultats d'analyse: prospection morphopédologique du Kala inf.: horizon 0-20 cm (d'après Keïta, 1996)

132	2	49.4	19.1	31.5	0.18	0.02	9.0	5.5	7.2	2.9	0.38	0.51	17.6	36	2.9	90
291	2	13.6	23.3	63.1	1.14	0.06	19.0	5.8	1.9	1.1	0.20	0.30	10.2	75	2.9	230
56	2	49.2	16.9	33.9	0.80	0.04	20.0	5.4	2.1	1.0	0.30	0.28	9.5	19	2.9	63
218	2	41.4	22.0	36.6	0.62	0.05	12.4	5.4	3.4	1.9	0.20	0.50	16.5	40	3.0	28
194	2	13.2	29.5	57.3	0.17	0.05	3.4	5.9	2.3	1.2	0.10	0.20	6.6	50	3.0	77
406	2	43.0	38.0	19.0	0.70	0.08	8.8	7.6	12.0	5.1	0.76	0.66	20.6	48	3.2	260
266	2	44.7	22.3	33.0	0.93	0.09	10.3	5.4	4.0	1.9	0.20	0.45	13.8	31	3.3	60
260	2	23.7	27.8	48.5	0.58	0.06	9.7	5.0	5.4	1.5	0.18	0.45	13.8	58	3.3	60
143	2	23.1	17.9	59.0	0.43	0.03	14.3	7.7	10.5	2.8	0.31	0.60	17.4	75	3.4	111
250	2	38.3	23.8	37.9	0.90	0.09	10.0	4.6	5.4	1.6	0.40	0.55	15.9	42	3.5	280
96	2	34.4	23.9	41.7	0.50	0.06	8.3	5.4	5.7	2.7	0.18	0.63	17.6	51	3.6	60
64	2	31.6	19.6	48.8	0.60	0.09	6.7	5.7	5.0	2.3	0.34	0.49	13.4	42	3.7	4
158	2	44.7	20.5	34.8	0.10	0.01	10.0	8.2	12.2	2.8	0.24	0.98	26.7	60	3.7	370
130	2	41.6	27.2	31.2	0.87	0.14	6.2	8.2	8.9	4.9	0.52	1.19	31.8	76	3.7	300
403	2	50.0	32.0	18.0	0.30	0.02	15.0	7.7	10.1	4.6	0.99	0.73	18.9	38	3.9	250
264	2	29.5	29.6	40.9	0.63	0.04	15.8	5.4	4.5	2.4	0.20	0.65	16.0	54	4.1	70
259	2	31.5	33.8	34.7	0.65	0.04	16.3	5.8	8.5	3.0	0.28	0.69	16.9	54	4.1	60
421	2	39.8	34.2	26.0	0.94	0.15	6.3	8.0	10.5	3.5	0.76	0.64	15.4	39	4.2	480
134	2	50.4	21.2	28.4	0.20	0.06	3.3	8.2	14.0	5.0	0.36	0.88	20.2	40	4.4	370
121	2	23.7	25.1	51.2	0.46	0.04	11.5	5.9	11.1	3.4	0.13	0.80	18.0	76	4.4	110
127	2	49.6	21.1	29.3	0.82	0.14	5.9	5.8	10.3	5.6	0.40	0.91	20.4	41	4.5	100
145	2	25.9	15.6	58.5	0.64	0.02	32.0	5.6	7.4	2.5	0.31	0.76	16.4	63	4.6	70
148	2	26.2	37.2	36.6	0.48	0.07	6.9	7.6	12.4	3.5	0.30	0.79	17.0	65	4.6	210
28	2	27.4	18.9	53.7	0.50	0.08	6.3	5.7	5.0	2.2	0.24	0.60	12.8	47	4.7	50
402	2	49.7	28.8	21.5	0.86	0.08	10.8	7.6	13.5	4.1	0.91	1.01	21.4	43	4.7	200
118	2	51.0	18.4	30.6	0.70	0.09	7.8	6.0	9.4	4.2	0.72	0.91	18.9	37	4.8	300
2	2	56.4	20.3	23.3	0.69	0.05	13.8	7.7	16.9	7.7	0.62	1.38	27.8	49	5.0	320
106	2	50.2	17.8	32.0	0.10	0.01	10.0	5.2	7.6	3.3	0.34	1.09	20.5	41	5.3	154
446	2	44.0	34.3	21.7	0.93	0.10	9.3	5.8	4.5	2.3	0.92	0.66	12.3	28	5.4	120
9	2	46.5	17.9	35.6	0.86	0.08	10.8	5.6	6.7	2.8	0.45	0.88	16.2	35	5.4	120
170	2	11.7	28.5	59.8	0.43	0.05	8.6	5.5	3.9	0.5	0.08	0.29	5.3	45	5.5	89
161	2	38.9	27.8	33.3	0.77	0.05	15.4	5.2	2.0	2.7	0.05	1.12	20.3	52	5.5	100
7	2	45.2	27.4	27.4	0.48	0.10	4.8	8.7	11.1	5.0	0.89	1.07	18.6	41	5.8	160
407	2	45.2	27.4	27.4	0.48	0.10	4.8	7.9	11.1	5.0	0.89	1.07	18.6	41	5.8	160
411	2	33.2	29.8	37.0	0.70	0.10	7.0	8.0	11.7	3.9	0.76	1.07	17.8	47	6.0	260
416	2	38.2	30.1	31.7	0.70	0.10	7.0	8.1	10.8	2.0	0.95	0.98	15.6	57	6.3	250
410	2	27.4	44.0	28.6	0.89	0.10	8.9	8.1	3.3	1.5	0.23	0.74	11.6	33	6.4	60
277	2	35.5	20.9	43.6	0.73	0.09	8.1	5.1	6.8	3.0	0.12	1.09	15.2	43	7.2	80
301	2	35.4	23.3	41.3	0.39	0.02	19.5	6.0	4.7	2.0	0.78	0.89	12.3	42	7.2	100
461	2	29.3	31.8	38.9	0.38	0.10	3.8	5.8	4.7	2.0	0.78	0.89	12.3	42	7.2	158
466	2	38.4	37.4	24.2	1.05	0.09	11.7	5.9	4.2	2.3	0.47	1.21	16.3	42	7.4	164

Annexe 2.1: Résultats d'analyse: prospection morphopédologique du Kala inf.: horizon 0-20 cm (d'après Keïta, 1996)

238	2	46.0	16.3	37.7	0.55	0.05	11.0	5.9	4.1	2.0	0.15	1.23	14.5	32	8.5	68	128
420	2	30.2	26.6	43.2	0.75	0.12	6.3	7.6	8.2	3.0	0.89	1.17	13.6	45	8.6	340	128
468	2	42.6	34.0	23.4	0.75	0.08	9.4	5.6	4.0	1.2	0.62	0.89	10.3	24	8.6	140	113
111	2	32.3	22.8	44.9	0.46	0.02	23.0	5.8	2.5	1.4	0.23	1.30	14.7	46	8.8	50	84
435	2	32.6	48.3	19.1	0.53	0.06	8.8	7.7	12.4	4.9	0.99	1.96	21.8	67	9.0	330	191
467	2	38.8	24.5	36.7	0.58	0.09	6.4	5.2	1.7	0.8	0.62	0.64	6.9	18	9.3	90	107
419	2	32.7	33.8	33.5	0.94	0.09	10.4	8.4	10.5	3.9	0.87	1.56	16.8	51	9.3	260	152
90	2	6.8	15.6	77.6		0.02		5.5	1.7	0.7	0.31	0.38	4.0	59	9.5		55
122	2	31.2	29.5	39.3	0.40	0.04	10.0	5.1	3.5	1.6	0.42	1.10	11.5	37	9.6	50	128
62	2	33.7	24.0	42.3	0.14	0.01	14.0	8.2	7.7	4.0	0.09	1.42	14.8	44	9.6		63
94	2	17.3	18.4	64.3	0.60	0.08	7.5	6.0	4.2	2.1	0.18	0.70	7.2	42	9.7	180	76
23	2	32.9	26.7	40.4	0.40	0.02	20.0	8.0	7.7	4.2	0.40	1.86	18.5	56	10.1	220	20
228	2	57.0	12.0	31.0	0.55	0.03	18.3	7.7	15.0	5.0	0.34	2.35	22.8	40	10.3	570	140
445	2	35.9	40.1	24.0	0.88	0.11	8.0	5.3	4.7	2.6	0.10	1.40	13.4	37	10.4	470	207
408	2	42.0	27.7	30.3	0.69	0.10	6.9	7.6	3.8	2.6	0.55	0.85	7.8	19	10.9	110	180
16	2	40.2	16.7	43.1	0.60	0.05	12.0	9.4	13.1	4.2	0.57	2.21	20.0	50	11.1	500	124
20	2	41.3	21.3	37.4	0.40	0.04	10.0	8.0	3.5	5.3	0.34	2.25	19.8	48	11.4	380	91
19	2	41.3	21.3	37.4		0.04		7.9	3.5	5.3	0.34	2.25	19.8	48	11.4	130	91
164	2	29.6	27.4	43.0	0.18	0.02	9.0	7.8	7.2	1.5	0.15	1.16	10.0	34	11.6	280	82
17	2	22.1	27.9	50.0	0.19	0.04	4.8	5.8	4.8	1.6	0.14	1.14	9.7	44	11.8	40	74
114	2	45.0	25.1	29.9	1.12	0.04	28.0	6.0	7.9	3.3	0.42	2.20	17.8	40	12.4	120	90
10	2	45.4	32.2	22.4	1.03	0.07	14.7	7.8	10.9	3.4	0.15	2.38	17.1	38	13.9	120	200
237	2	45.0	17.6	37.4	0.60	0.45	1.3	5.8	5.4	2.6	0.20	2.30	15.2	34	15.1	65	132
147	2	28.0	14.7	57.3	0.62	0.05	12.4	8.1	9.1	2.2	0.31	2.26	13.9	50	16.3	170	118
226	2	19.2	16.9	63.9	0.45	0.09	5.0	5.4	2.3	1.1	0.22	1.23	7.4	39	16.6	50	174
235	2	14.8	11.3	73.9		0.05		5.5	3.1	0.8	0.15	1.07	6.3	43	17.0		63
112	2	18.4	22.8	58.8	0.65	0.04	16.3	5.4	0.3	0.2	0.04	1.50	8.0	43	18.8	70	90
155	2	38.5	25.0	36.5	0.25	0.04	6.3	5.2	2.4	2.4	0.17	2.16	11.5	30	18.8	30	111
61	2	26.0	17.5	56.5	0.30	0.05	6.0	8.4	4.7	2.2	0.22	2.40	9.6	37	25.0	290	
241	2	33.9	14.8	51.3	0.61	0.10	6.1	7.8	3.1	2.0	0.18	2.08	7.4	22	28.1		90
261	2	31.0	33.7	35.3	0.63	0.02	31.5	5.7	7.0	2.1	0.20	6.90	17.1	55	40.4	80	96
409	2	8.6	20.9	70.5	0.07	0.07	1.0	9.0	1.7	0.9	0.92	2.52	6.1	71	41.3	530	104
77	2	48.3	20.3	31.4	0.30	0.05	6.0	8.7	1.8	0.9	0.14	2.07	4.9	10	42.2		38

Annexe 2.2: Résultats d'analyse: prospection morphopédologique du Kala inf.: horizon 20-50 cm (d'après Keïta, 1996)

Tout	Moyenne	39.3	24.3	36.5	0.21	0.03	9.4	7.3	7.6	3.2	0.23	0.87	15.6	40.7	6.1	131	119
	Médiane	42.5	23.3	33.8	0.18	0.02	7.7	7.3	6.7	3.0	0.20	0.60	15.7	39.4	4.6	80	113
	Ecart-type	13.9	7.6	15.5	0.12	0.01	6.6	1.1	4.5	1.9	0.13	0.79	6.3	14.4	5.5	117	79
	Min	7.7	9.8	10.1	0.01	0.00	0.3	5.1	0.8	0.1	0.05	0.02	2.9	13.2	0.2	10	7
Levée	Max	67.6	47.5	78.7	0.66	0.07	52.0	9.1	19.5	9.7	0.76	3.76	30.0	181.8	32.7	520	1163
	Moyenne	27.5	24.5	48.0	0.20	0.03	9.5	6.8	4.5	2.2	0.20	0.75	11.1	41.5	7.7	92	112
	Médiane	25.4	23.5	50.1	0.17	0.02	7.9	6.6	3.3	1.8	0.16	0.46	10.1	36.3	4.9	48	108
	Ecart-type	11.3	8.8	14.8	0.13	0.01	7.7	1.0	3.4	1.7	0.15	0.83	5.6	19.5	7.2	104	44
Cuvette	Min	7.7	9.8	10.1	0.01	0.01	0.3	5.1	0.8	0.2	0.05	0.02	2.9	15.7	0.2	10	7
	Max	66.1	47.5	78.7	0.56	0.07	52.0	9.0	15.6	9.2	0.70	3.76	27.7	181.8	32.7	460	213
	Moyenne	46.2	24.1	29.7	0.22	0.03	9.3	7.5	9.4	3.8	0.24	0.94	18.2	40.2	5.3	153	123
	Médiane	47.1	23.3	28.9	0.19	0.02	7.5	8.0	9.6	3.6	0.20	0.72	18.1	39.8	4.6	150	113
num	Ecart-type	10.2	6.9	11.5	0.12	0.01	5.9	1.0	4.1	1.9	0.12	0.76	5.1	10.3	3.9	119	94
	Min	11.5	11.6	10.3	0.02	0.00	0.7	5.3	1.7	0.1	0.07	0.03	6.4	13.2	0.2	10	42
	Max	67.6	45.2	75.5	0.66	0.07	33.0	9.1	19.5	9.7	0.76	3.63	30.0	75.7	19.2	520	1163
	Sol	Arg	Lim	Sab	C	N	C/N	pH	Ca	Mg	K	Na	CEC	CEC/A	ESP	CE	P
308	1	18.4	23.1	58.5	0.28	0.02	14.0	6.4	1.6	1.7	0.14	0.02	8.7	47.3	0.2	30	75
314	1	42.6	26.2	31.2	0.11	0.02	5.5	8.2	14.1	2.7	0.70	0.08	22.2	52.1	0.4	170	109
215	1	26.5	35.4	38.1	0.18	0.01	18.0	6.4	4.7	3.9	0.20	0.10	15.9	60.0	0.6	30	83
257	1	50.5	24.3	25.2	0.10	0.02	5.0	8.2	11.0	6.5		0.15	22.8	45.1	0.7	130	175
209	1	32.7	16.8	50.5	0.15	0.03	5.0	6.8	7.0	2.2	0.20	0.10	13.0	39.8	0.8	50	40
214	1	31.1	32.3	36.6	0.16	0.01	16.0	5.7	3.4	2.0	0.10	0.10	11.2	36.0	0.9	10	104
125	1	17.0	12.8	70.2	0.17	0.02	8.5	7.0	1.8	0.4	0.07	0.10	10.0	58.8	1.0	40	170
320	1	46.2	34.3	19.5	0.25	0.02	12.5	8.2	15.6	5.8	0.20	0.33	27.7	60.0	1.2	230	109
79	1	31.3	16.5	52.2	0.15	0.02	7.5	6.6	5.3	1.9	0.24	0.15	10.9	34.8	1.4	20	114
95	1	46.1	20.9	33.0	0.21	0.02	10.5	7.4	4.0	1.4	0.09	0.21	15.2	33.0	1.4	60	121
211	1	18.9	17.8	63.3	0.13	0.05	2.6	6.2	1.7	1.2	0.15	0.10	6.9	36.5	1.4	30	186
442	1	24.8	18.2	57.0	0.01	0.03	0.3	6.7	2.8	1.3	0.52	0.16	11.0	44.4	1.5	80	107
288	1	23.7	21.9	54.4	0.18	0.02	9.0	7.0	4.6	1.9	0.12	0.14	9.5	40.1	1.5	70	94
219	1	28.8	22.8	48.4	0.13	0.03	4.3	6.3	5.0	2.7	0.20	0.20	13.0	45.1	1.5	30	81
150	1	40.3	15.6	44.1	0.14	0.01	14.0	8.1	9.1	2.7	0.24	0.32	20.7	51.4	1.5	130	96
60	1	53.9	17.1	29.0	0.11	0.03	3.7	8.5	7.5	4.2	0.14	0.20	12.0	22.3	1.7	250	213
208	1	18.7	13.3	68.0	0.09	0.02	4.5	5.9	3.7	1.1	0.05	0.10	5.8	31.0	1.7	30	123
202	1	37.1	27.6	35.3	0.09	0.01	9.0	6.4	5.9	2.7	0.20	0.30	16.3	43.9	1.8	20	126
298	1	25.3	29.5	45.2	0.07	0.01	7.0	6.8	3.8	2.3	0.10	0.20	10.2	40.3	2.0	20	122
144	1	28.0	12.4	59.6	0.15	0.01	15.0	6.6	1.9	0.2	0.20	0.28	14.2	50.7	2.0	35	156
259	1	44.0	35.8	20.2	0.44	0.02	22.0	8.0	15.3	6.1	0.15	0.45	22.8	51.8	2.0	100	123
319	1	34.0	40.8	25.2	0.20	0.04	5.0	5.8	4.5	3.0	0.15	0.30	14.6	42.9	2.1	20	100
290	1	14.1	24.9	61.0	0.11	0.05	2.2	6.2	1.0	0.8	0.05	0.10	4.8	34.0	2.1	20	76
310	1	29.6	28.8	41.6	0.34	0.03	11.3	5.7	6.8	2.7	0.24	0.40	17.8	60.1	2.2	80	111
438	1	35.7	25.2	39.1	0.24	0.03	8.0	5.9	2.8	2.0	0.68	0.46	18.1	50.7	2.5	100	102
304	1	40.4	18.2	41.4	0.29	0.06	4.8	5.7	3.8	2.0	0.09	0.39	14.8	36.6	2.6	10	107

Annexe 2.2: Résultats d'analyse: prospection morphopédologique du Kala inf.: horizon 20-50 cm (d'après Keïta, 1996)

78	1	24.6	15.3	60.1	0.34	0.04	8.5	6.4	1.1	0.5	0.22	0.41	15.5	63.0	2.6	30	162
280	1	33.2	30.0	36.8	0.16	0.02	8.0	5.6	2.9	1.8	0.10	0.30	10.6	31.9	2.8	20	
269	1	45.0	24.5	30.5	0.14	0.02	7.0	8.1	14.6	4.1	0.18	0.66	21.9	48.7	3.0	140	104
433	1	25.2	33.6	41.2	0.08	0.03	2.7	7.0	3.7	1.4	0.28	0.25	8.1	32.1	3.1	70	158
266	1	52.2	22.1	25.7	0.23	0.03	7.7	5.5	3.1	1.7	0.10	0.50	15.0	28.7	3.3	20	13
204	1	7.7	31.9	60.4	0.16	0.07	2.3	5.6	2.1	0.7	0.10	0.10	2.9	37.7	3.4	80	103
441	1	15.7	33.9	50.4	0.18	0.02	9.0	5.7	3.0	1.4	0.48	0.39	10.9	69.4	3.6	30	161
313	1	23.4	25.1	51.5	0.06	0.03	2.0	6.6	5.8	2.2	0.17	0.39	10.1	43.2	3.9	50	78
295	1	36.5	21.8	41.7	0.17	0.01	17.0	6.2	2.6	1.7	0.10	0.50	12.8	35.1	3.9	10	58
216	1	29.6	15.8	54.6	0.25	0.04	6.3	6.2	3.2	1.8	0.20	0.40	10.1	34.1	4.0	40	211
263	1	66.1	23.8	10.1	0.21	0.02	10.5	8.5	14.6	6.7	0.30	0.94	22.8	34.5	4.1	80	106
462	1	32.9	30.8	36.3	0.49	0.04	12.3	6.6	4.8	3.1	0.43	0.57	13.8	41.9	4.1	70	81
58	1	34.4	19.7	45.9	0.21	0.03	7.0	5.8	3.1	2.6	0.16	0.44	10.4	30.2	4.2	30	187
293	1	19.6	26.7	53.7	0.09	0.05	1.8	5.6	2.0	1.0	0.10	0.30	6.9	35.2	4.3	40	124
440	1	25.5	19.7	54.8	0.17	0.03	5.7	6.4	2.7	2.0	0.55	0.26	5.9	23.1	4.4	70	7
84	1	23.8	17.9	58.3	0.18	0.01	18.0	6.4	4.0	2.0	0.26	0.38	8.4	35.3	4.5	20	203
287	1	22.4	16.8	60.8	0.17	0.02	8.5	5.5	1.8	1.3	0.10	0.30	6.5	29.0	4.6	70	131
463	1	31.5	35.6	32.9	0.08	0.03	2.7	6.5	5.5	5.2	0.56	0.78	15.2	48.3	5.1	50	64
15	1	29.1	16.3	54.6	0.31	0.04	7.8	6.6	4.2	2.0	0.24	0.47	8.6	29.6	5.5	40	96
197	1	28.0	26.4	45.6	0.08	0.03	2.7	5.5	3.1	1.5	0.10	0.60	10.1	36.1	5.9	20	75
54	1	35.6	19.9	44.5	0.27	0.01	27.0	7.3	7.5	1.8	0.09	0.60	10.0	28.1	6.0	60	186
198	1	23.3	18.3	58.4	0.44	0.02	22.0	5.5	2.7	1.2	0.30	0.50	8.2	35.2	6.1	10	137
203	1	10.4	27.7	61.9	0.16	0.02	8.0	5.8	1.3	0.6	0.10	0.20	3.2	30.8	6.3	30	98
436	1	30.2	13.4	56.4	0.08	0.02	4.0	6.7	2.8	1.6	0.47	0.57	9.1	30.1	6.3	60	101
136	1	13.5	18.1	68.4	0.27	0.03	9.0	6.0	1.8	0.8	0.10	0.38	6.0	44.4	6.3	10	104
76	1	29.9	20.3	49.8	0.22	0.04	5.5	5.7	2.2	2.1	0.19	0.30	4.7	15.7	6.4	30	145
452	1	23.2	44.8	32.0	0.34	0.04	8.5	5.4	1.9	1.4	0.39	0.46	7.0	30.2	6.6	50	155
63	1	21.8	18.6	59.6	0.22	0.01	22.0	7.1	3.2	1.7	0.12	0.53	8.0	36.7	6.6	50	162
231	1	13.4	11.6	75.0	0.56	0.03	18.7	6.1	2.3	1.3	0.14	0.60	8.0	59.7	7.5	25	104
87	1	10.9	27.2	61.9	0.23	0.01	23.0	6.8	1.2	1.9	0.05	0.26	3.4	31.2	7.6	30	143
210	1	26.7	19.6	53.7	0.17	0.05	3.4	6.4	3.4	1.9	0.20	0.70	9.1	34.1	7.7	20	45
21	1	34.6	20.5	44.9	0.52	0.01	52.0	6.2	1.7	0.6	0.26	0.89	11.0	31.8	8.1	45	83
69	1	20.1	19.4	60.5	0.14	0.01	14.0	6.5	4.3	1.4	0.05	0.55	6.6	32.8	8.3	40	87
281	1	14.5	12.4	73.1	0.08	0.02	4.0	7.1	2.3	0.9	0.10	0.45	5.1	35.2	8.8	40	59
98	1	32.4	13.0	54.6	0.42	0.02	21.0	7.0	4.0	2.5	0.53	0.84	9.3	28.7	9.0	40	136
195	1	25.0	40.0	35.0	0.22	0.02	11.0	8.0	9.6	2.5	0.15	1.50	15.7	62.8	9.6	160	158
196	1	13.2	13.3	73.5	0.14	0.04	3.5	6.7	1.9	1.2	0.10	0.40	4.1	31.1	9.8	70	49
307	1	20.0	18.5	61.5	0.11	0.02	5.5	6.4	4.2	1.5	0.12	0.70	6.8	34.0	10.3	10	137
450	1	22.7	24.5	52.8	0.07	0.03	2.3	6.7	3.9	1.5	0.30	0.76	6.4	28.2	11.9	30	63
8	1	15.1	21.5	63.4	0.07	0.01	7.0	7.5	2.7	1.0	0.17	0.55	4.5	29.8	12.2	140	78
279	1	32.5	31.6	35.9	0.17	0.02	8.5	8.1	7.8	3.0	0.10	2.00	16.0	49.2	12.5	170	143
53	1	19.6	21.9	58.5	0.01	0.01	1.0	6.9	2.6	1.7	0.18	0.70	5.2	26.5	13.5	40	148

Annexe 2.2: Résultats d'analyse: prospection morphopédologique du Kala inf.: horizon 20-50 cm (d'après Keïta, 1996)

460	1	34.2	40.7	25.1	0.19	0.03	6.3	9.0	7.7	6.7	0.43	2.34	17.2	50.3	13.6	385	59
276	1	23.9	24.6	51.5	0.25	0.03	8.3	5.1	0.8	0.5	0.13	0.78	5.5	23.0	14.2	20	117
300	1	15.2	24.1	60.7	0.03	0.02	1.5	7.0	2.7	0.9	0.09	0.63	4.4	28.9	14.3	30	55
285	1	15.9	39.1	45.0	0.07	0.01	7.0	8.7	8.9	2.7	0.09	2.03	13.7	86.2	14.8	310	183
302	1	44.1	29.8	26.1	0.52	0.02	26.0	8.4	11.2	9.2	0.17	3.76	24.3	55.1	15.5	460	115
303	1	24.8	35.2	40.0	0.02	0.02	1.0	8.4	5.3	3.8	0.14	2.12	13.1	52.8	16.2	150	75
154	1	20.2	19.3	60.5	0.04	0.01	4.0	6.2	2.1	1.9	0.10	0.70	4.3	21.3	16.3	140	131
227	1	9.9	11.4	78.7	0.29	0.04	7.2	8.1	1.7	0.8	0.18	3.24	18.0	181.8	18.0	310	141
225	1	17.0	9.8	73.2	0.38	0.02	19.0	8.0	2.9	1.4	0.09	1.58	8.6	50.6	18.4	300	127
253	1	44.8	29.7	25.5	0.14	0.02	7.0	8.7	7.5	6.7	0.17	3.72	19.7	44.0	18.9	360	141
458	1	9.5	35.5	55.0	0.47	0.03	15.7	6.7	1.7	1.0	0.19	0.67	3.5	36.8	19.1	140	83
453	1	21.0	39.0	40.0	0.21	0.02	10.5	8.4	2.3	2.0	0.26	1.20	5.7	27.1	21.1	90	120
230	1	22.2	40.3	37.5	0.37	0.03	12.3	7.0	4.3	1.4	0.13	2.83	13.3	59.9	21.3	230	129
464	1	38.5	34.4	27.1	0.08	0.03	2.7	8.2	4.6	3.0	0.62	2.34	10.6	27.5	22.1	280	60
224	1	27.2	35.5	37.3	0.36	0.03	12.0	6.1	3.1	1.7	0.16	2.25	10.1	37.1	22.3	18	83
239	1	15.3	47.5	37.2	0.45	0.05	9.0	5.3	1.8	0.8	0.09	1.42	6.2	40.5	22.9	40	110
236	1	17.4	11.2	71.4	0.27	0.03	9.0	8.7	1.7	0.8	0.11	1.80	5.8	33.3	31.0	360	7
73	1	27.0	24.8	48.2	0.14	0.03	4.7	8.9	3.4	2.0	0.09	2.65	8.1	30.0	32.7	390	86
67	2	42.5	20.8	36.7	0.40	0.02	20.0	7.3	10.5	4.3	0.21	0.03	19.7	46.4	0.2	60	113
248	2	49.6	23.8	26.6	0.16	0.02	8.0	8.0	19.5	2.7	0.20	0.06	22.4	45.2	0.3	120	174
160	2	45.7	25.4	28.9	0.19	0.01	19.0	8.1	10.4	3.2	0.20	0.08	24.9	54.5	0.3	150	163
22	2	44.4	19.4	36.2	0.66	0.02	33.0	6.0	5.7	3.1	0.09	0.06	14.8	33.3	0.4	20	75
145	2	43.2	11.6	45.2	0.17	0.01	17.0	5.8	10.7	3.5	0.21	0.08	17.1	39.6	0.5	60	63
142	2	36.4	16.6	47.0	0.22	0.02	11.0	5.3	8.4	2.7	0.14	0.08	16.5	45.3	0.5	30	128
83	2	47.7	17.9	34.4	0.31	0.02	15.5	5.9	6.5	3.0	0.27	0.10	15.5	32.5	0.6	20	151
274	2	43.1	28.9	28.0	0.27	0.03	9.0	6.6	9.3	3.8	0.18	0.12	16.5	38.3	0.7	20	75
222	2	46.5	21.5	32.0	0.16	0.03	5.3	7.8	17.4	4.9	0.20	0.20	26.4	56.8	0.8	160	142
284	2	48.5	17.8	33.7	0.16	0.01	16.0	6.4	4.7	3.2	0.21	0.10	12.9	26.6	0.8	30	82
220	2	42.0	23.5	34.5	0.18	0.03	6.0	7.2	11.2	3.6	0.20	0.20	22.6	53.8	0.9	60	137
200	2	42.5	34.4	23.1	0.13	0.01	13.0	5.4	3.1	1.8	0.10	0.10	11.2	26.4	0.9	20	113
212	2	55.0	14.0	31.0	0.10	0.04	2.5	8.0	17.8	1.7	0.15	0.20	21.8	39.6	0.9	240	103
172	2	43.3	27.7	29.0	0.14	0.04	3.5	6.6	11.6	2.7	0.17	0.29	28.5	65.8	1.0	40	191
247	2	52.2	31.0	16.8	0.32	0.05	6.4	8.2	11.0	2.4	0.10	0.31	26.0	49.8	1.2	270	186
2	2	64.6	16.4	19.0	0.34	0.02	17.0	7.8	13.1	8.4	0.30	0.31	25.7	39.8	1.2	90	103
141	2	40.4	22.2	37.4	0.19	0.03	6.3	6.8	12.6	4.4	0.20	0.21	17.4	43.1	1.2	80	102
217	2	54.3	19.0	26.7	0.28	0.01	28.0	5.9	7.1	4.6	0.10	0.25	19.4	35.7	1.3	20	98
201	2	51.0	28.5	20.5	0.18	0.04	4.5	6.0	6.5	5.9	0.20	0.30	19.6	38.4	1.5	40	107
205	2	67.6	18.4	14.0	0.29	0.07	4.1	9.1	7.0	5.1	0.20	0.30	19.2	28.4	1.6	30	90
213	2	53.4	29.7	16.9	0.44	0.04	11.0	7.8	16.2	3.7	0.20	0.40	25.5	47.8	1.6	150	115
272	2	59.5	25.5	15.0	0.33	0.02	16.5	8.2	17.0	4.4	0.23	0.39	24.6	41.3	1.6	220	
65	2	50.3	16.5	33.2	0.10	0.01	10.0	7.8	8.2	3.6	0.15	0.49	30.0	59.6	1.6	40	151
155	2	52.9	18.7	28.4	0.22	0.02	11.0	5.4	2.6	0.9	0.17	0.25	15.1	28.5	1.7	20	156

Annexe 2.2: Résultats d'analyse: prospection morphopédologique du Kala inf.: horizon 20-50 cm (d'après Keïta, 1996)

207	2	37.8	24.6	37.6	0.22	0.02	11.0	6.6	6.5	3.5	0.30	0.25	14.5	38.4	1.7	30	71
193	2	54.8	29.3	15.9	0.14	0.02	7.0	7.9	9.6	5.3	0.20	0.40	21.7	39.6	1.8	80	159
108	2	54.3	12.7	33.0	0.10	0.02	5.0	8.1	10.2	4.0	0.15	0.29	14.6	26.9	2.0	320	125
139	2	43.8	28.8	27.4	0.26	0.04	6.5	6.5	13.0	4.4	0.13	0.37	17.9	40.9	2.1	40	120
305	2	41.9	14.4	43.7	0.24	0.02	12.0	5.8	4.0	1.3	0.07	0.28	13.3	31.7	2.1	20	142
178	2	58.8	26.2	15.0	0.31	0.07	4.4	8.0	6.7	0.8	0.10	0.40	19.0	32.3	2.1	30	96
409	2	49.7	29.7	20.6	0.24	0.02	12.0	8.7	12.2	5.0	0.65	0.41	18.9	38.0	2.2	280	127
147	2	41.9	25.0	33.1	0.26	0.05	5.2	8.3	14.5	6.4	0.15	0.50	22.5	53.7	2.2	210	70
254	2	58.3	24.9	16.8	0.39	0.02	19.5	8.1	17.1	3.7	0.24	0.52	23.3	40.0	2.2	160	80
445	2	56.0	33.7	10.3	0.29	0.04	7.2	8.2	4.8	2.3	0.35	0.30	13.4	23.9	2.2	90	89
256	2	16.9	30.1	53.0	0.20	0.02	10.0	6.2	5.7	1.4	0.18	0.21	9.3	55.0	2.3	50	169
174	2	46.8	16.5	36.7	0.14	0.01	14.0	5.5	3.3	2.1	0.17	0.41	18.0	38.5	2.3	10	105
129	2	39.5	17.4	43.1	0.03	0.03	1.0	7.2	4.9	2.2	0.29	0.18	7.8	19.7	2.3	60	120
273	2	11.5	23.7	64.8	0.33	0.02	16.5	5.8	3.2	1.5	0.20	0.21	8.7	75.7	2.4	30	104
152	2	53.6	30.2	16.2	0.46	0.02	23.0	7.4	12.5	4.2	0.20	0.60	24.2	45.1	2.5	85	71
14	2	56.6	28.8	14.6	0.24	0.03	8.0	8.1	9.9	2.9	0.37	0.65	26.2	46.3	2.5	330	115
158	2	31.5	21.0	47.5	0.56	0.07	8.0	6.8	10.5	2.9	0.31	0.37	14.9	47.3	2.5	60	78
153	2	50.8	19.2	30.0	0.18	0.01	18.0	8.4	13.5	3.0	0.17	0.60	24.0	47.2	2.5	150	109
255	2	50.8	25.2	24.0	0.15	0.02	7.5	8.1	16.6	4.7	0.19	0.60	23.8	46.9	2.5	120	152
137	2	35.6	13.4	51.0	0.42	0.03	14.0	5.7	4.0	1.8	0.23	0.48	18.1	50.8	2.7	20	55
406	2	49.0	35.3	15.7	0.26	0.05	5.2	8.3	12.2	5.7	0.53	0.57	21.2	43.3	2.7	290	144
122	2	45.9	25.4	28.7	0.48	0.03	16.0	7.8	5.5	3.2	0.49	0.36	13.2	28.8	2.7	30	203
88	2	51.4	21.1	27.5	0.21	0.07	3.0	5.8	5.8	3.0	0.15	0.47	17.2	33.5	2.7	30	113
135	2	60.0	20.6	19.4	0.25	0.03	8.3	8.4	12.6	6.4	0.40	0.55	20.1	33.5	2.7	185	123
4	2	40.9	21.1	38.0	0.26	0.01	26.0	6.1	5.5	3.0	0.10	0.37	13.3	32.5	2.8	30	123
282	2	43.5	27.5	29.0	0.16	0.04	4.0	8.0	12.4	0.8	0.10	0.70	23.3	53.6	3.0	140	70
82	2	48.7	21.1	30.2	0.14	0.02	7.0	8.4	15.1	7.1	0.23	0.75	24.5	50.3	3.1	200	167
156	2	43.7	33.3	23.0	0.14	0.02	7.0	8.2	14.4	2.1	0.20	0.96	28.8	65.9	3.3	220	178
128	2	54.3	24.7	21.0	0.19	0.04	4.8	5.7	3.7	2.0	0.11	0.41	12.2	22.5	3.4	40	88
414	2	45.9	30.6	23.5	0.25	0.02	12.5	8.5	12.5	4.9	0.45	0.66	18.8	41.0	3.5	370	66
194	2	48.2	25.1	26.7	0.09	0.01	9.0	7.2	8.0	3.0	0.20	0.60	17.0	35.3	3.5	20	97
121	2	45.0	16.5	38.5	0.19	0.01	19.0	6.1	3.3	2.6	0.76	0.46	12.9	28.7	3.6	15	87
261	2	49.8	27.3	22.9	0.11	0.03	3.7	8.0	15.3	4.1	0.18	0.74	20.4	41.0	3.6	100	124
177	2	40.4	20.9	38.7	0.29	0.04	7.2	5.7	6.6	2.9	0.17	0.60	16.5	40.8	3.6	30	133
456	2	41.8	33.9	24.3	0.42	0.03	14.0	7.9	5.8	2.4	0.19	0.46	12.1	28.9	3.8	170	129
180	2	49.2	32.8	18.0	0.15	0.04	3.8	8.0	11.8	5.4	0.20	0.70	18.4	37.4	3.8	180	95
178	2	46.2	20.6	33.2	0.15	0.03	5.0	7.0	12.6	4.2	0.20	0.70	18.4	39.8	3.8	50	142
434	2	43.0	40.7	16.3	0.12	0.01	12.0	8.4	9.8	3.9	0.41	0.64	16.8	39.1	3.8	160	172
408	2	56.1	24.8	19.1	0.24	0.02	12.0	8.0	8.2	4.8	0.43	0.54	14.0	25.0	3.9	150	199
277	2	58.3	15.4	26.3	0.45	0.04	11.3	6.1	4.7	3.0	0.33	0.53	13.7	23.5	3.9	30	104
134	2	56.8	19.7	23.5	0.19	0.02	9.5	8.6	15.4	3.3	0.15	0.76	19.6	34.5	3.9	290	131
111	2	47.1	15.5	37.4	0.10	0.01	10.0	7.0	8.1	4.1	0.22	0.69	17.6	37.4	3.9	50	173

Annexe 2.2: Résultats d'analyse: prospection morphopédologique du Kala inf.: horizon 20-50 cm (d'après Keïta, 1996)

283	2	57.2	25.0	17.8	0.16	0.05	3.2	7.5	12.6	3.5	0.26	0.96	23.7	41.4	4.1	150	115
439	2	50.2	16.0	33.8	0.06	0.02	3.0	6.1	4.0	2.4	0.52	0.42	10.2	20.3	4.1	70	51
258	2	25.8	35.3	38.9	0.16	0.02	8.0	5.3	1.7	0.6	0.23	0.37	8.9	34.5	4.2	30	61
260	2	38.1	24.1	37.8	0.14	0.03	4.7	6.9	11.2	3.4	0.20	0.80	19.1	50.1	4.2	30	105
264	2	49.8	21.2	29.0	0.22	0.00		7.2	6.7	5.3	0.15	1.10	25.5	51.2	4.3	110	121
18	2	29.8	20.0	50.2	0.12	0.01	12.0	6.4	4.6	2.4	0.15	0.50	11.5	38.6	4.3	30	143
75	2	47.4	19.6	33.0	0.10	0.04	2.5	7.1	4.2	2.0	0.12	0.54	12.2	25.7	4.4	130	142
10	2	51.7	29.6	18.7	0.09	0.01	9.0	8.4	2.2	0.7	0.17	0.31	6.8	13.2	4.6	220	73
64	2	50.1	17.4	32.5	0.25	0.02	12.5	6.8	7.7	4.1	0.23	0.85	18.4	36.7	4.6	50	96
454	2	37.0	30.2	32.8	0.42	0.03	14.0	6.9	8.4	3.5	0.24	0.66	14.1	38.1	4.7	40	52
66	2	47.4	19.7	32.9	0.35	0.05	7.0	7.0	5.0	2.9	0.30	0.70	14.9	31.4	4.7	30	86
127	2	52.6	13.1	34.3	0.07	0.02	3.5	6.7	6.7	3.1	0.19	1.06	22.5	42.8	4.7	30	87
465	2	47.0	37.7	15.3	0.21	0.03	7.0	8.2	9.3	7.4	0.62	1.10	23.2	49.4	4.7	110	75
318	2	20.0	15.2	64.8	0.05	0.03	1.7	6.2	3.4	1.7	0.20	0.41	8.5	42.5	4.8	20	127
271	2	49.3	34.2	16.5	0.13	0.01	13.0	8.2	13.6	6.3	0.30	1.35	27.6	56.0	4.9	170	167
218	2	56.9	19.9	23.2	0.24	0.05	4.8	8.1	3.5	2.0	0.20	0.80	16.2	28.5	4.9	10	95
130	2	56.6	25.7	17.7	0.30	0.02	15.0	8.1	11.1	4.9	0.24	0.84	17.0	30.0	4.9	180	86
461	2	42.7	31.2	26.1	0.35	0.04	8.8	6.3	5.6	3.0	0.33	0.74	14.9	34.9	5.0	50	140
270	2	60.6	22.7	16.7	0.33	0.03	11.0	8.1	17.6	5.4	0.28	1.27	24.8	40.9	5.1	250	130
417	2	35.0	41.6	23.4	0.62	0.05	12.4	8.4	12.7	4.7	0.37	0.96	18.7	53.4	5.1	220	104
448	2	41.0	45.2	13.8	0.13	0.02	6.5	8.1	11.8	5.0	0.37	0.93	18.1	44.1	5.1	190	94
268	2	18.2	29.7	52.1	0.10	0.02	5.0	6.6	3.9	0.2	0.10	0.33	6.4	35.2	5.2	40	113
262	2	18.2	29.7	52.1	0.10	0.02	5.0	6.6	3.9	0.2	0.10	0.33	6.4	35.2	5.2	10	168
466	2	45.4	29.6	25.0	0.21	0.03	7.0	6.4	6.5	5.1	0.37	0.85	15.8	34.8	5.4	60	94
26	2	38.5	17.3	44.2	0.21	0.04	5.3	6.0	5.4	4.0	0.22	0.87	16.1	41.8	5.4	20	161
120	2	46.9	26.3	26.8	0.10	0.02	5.0	8.3	12.9	4.0	0.29	1.09	20.1	42.9	5.4	320	89
107	2	48.6	20.2	31.2	0.10	0.02	5.0	8.3	10.5	4.7	0.33	0.91	16.5	34.0	5.5	260	114
3	2	46.8	20.4	32.8	0.21	0.03	7.0	8.2	12.6	4.6	0.26	1.03	18.5	39.5	5.6	340	147
249	2	47.1	18.8	34.1	0.20	0.03	6.7	5.5	7.0	2.6	0.20	0.72	12.7	27.0	5.7	20	91
131	2	55.3	22.6	22.1	0.07	0.03	2.3	8.7	11.6	6.1	0.13	1.11	19.0	34.4	5.8	340	
404	2	42.5	25.6	31.9	0.51	0.04	12.8	8.0	3.4	3.1	0.30	1.17	19.5	45.9	6.0	210	95
420	2	38.1	31.3	30.6	0.20	0.07	2.9	8.3	10.5	3.4	0.47	1.03	17.1	44.9	6.0	190	104
117	2	60.3	17.2	22.5	0.18	0.02	9.0	8.7	8.3	3.8	0.19	1.27	20.9	34.7	6.1	310	156
11	2	52.0	29.3	18.7	0.41	0.02	20.5	8.1	15.0	8.0	0.33	1.52	24.9	47.9	6.1	290	82
251	2	58.2	21.7	20.1	0.22	0.03	7.3	8.2	14.5	4.8	0.30	1.46	23.8	40.9	6.1	180	113
423	2	46.3	29.7	24.0	0.10	0.02	5.0	8.4	9.2	7.5	0.43	1.24	20.0	43.2	6.2	260	179
312	2	11.6	12.9	75.5	0.02	0.03	0.7	6.8	2.5	0.7	0.09	0.45	7.2	62.1	6.3	40	112
435	2	38.8	34.2	27.0	0.18	0.03	6.0	8.4	11.1	0.5	0.35	1.60	25.5	65.7	6.3	300	147
93	2	38.9	21.7	39.4	0.14	0.02	7.0	8.2	13.3	4.3	0.17	1.50	23.8	61.2	6.3	260	172
410	2	44.1	35.9	20.0	0.10	0.04	2.5	8.6	10.9	5.6	0.37	1.14	18.0	40.8	6.3	270	113
28	2	37.1	17.5	45.4	0.10	0.03	3.3	6.6	7.6	3.6	0.18	0.98	15.3	41.2	6.4	30	112
23	2	45.6	24.8	29.6	0.27	0.01	27.0	8.0	6.7	4.3	0.09	1.32	19.9	43.6	6.6	120	142

Annexe 2.2: Résultats d'analyse: prospection morphopédologique du Kala inf.: horizon 20-50 cm (d'après Keïta, 1996)

444	2	54.0	27.4	18.6	0.23	0.03	7.7	7.0	7.7	3.2	0.35	0.80	12.0	22.2	6.7	100	45
250	2	61.4	20.7	17.9	0.24	0.03	8.0	8.7	5.7	2.4	0.20	1.10	16.3	26.5	6.7	260	125
113	2	60.0	26.4	13.6	0.07	0.02	3.5	8.6	4.5	2.7	0.20	1.02	15.1	25.2	6.8	25	96
27	2	48.1	22.1	29.8	0.17	0.01	17.0	8.0	13.7	7.6	0.20	1.65	24.0	49.9	6.9	150	133
402	2	50.3	33.7	16.0	0.23	0.04	5.8	8.5	9.4	4.7	0.60	1.10	15.7	31.2	7.0	150	136
278	2	65.5	20.9	13.6	0.28	0.04	7.0	8.8	12.0	6.9	0.20	1.60	22.4	34.2	7.1	120	132
301	2	35.4	23.3	41.3	0.39	0.02	19.5	8.4	6.8	3.0	0.12	1.09	15.2	42.9	7.2	240	76
405	2	49.1	28.6	22.3	0.51	0.04	12.8	8.4	10.0	4.9	0.41	1.20	16.5	33.6	7.3	220	139
275	2	60.2	17.7	22.1	0.16	0.03	5.3	8.2	16.4	4.8	0.25	1.70	23.2	38.5	7.3	180	163
424	2	37.2	23.2	39.6	0.08	0.03	2.7	8.3	8.6	2.1	0.41	1.03	14.0	37.6	7.4	240	90
291	2	43.6	28.4	28.0	0.30	0.03	10.0	8.3	8.5	3.8	0.30	1.50	20.3	46.6	7.4	210	141
17	2	37.3	25.7	37.0	0.04	0.02	2.0	6.3	5.8	3.1	0.14	1.14	14.9	39.9	7.7	50	116
185	2	50.2	30.6	19.2	0.21	0.01	21.0	8.1	13.9	5.2	0.20	2.00	25.5	50.8	7.8	330	118
401	2	49.5	31.2	19.3	0.15	0.04	3.8	8.5	10.0	4.6	0.39	1.32	16.3	32.9	8.1	280	101
246	2	44.0	24.7	31.3	0.05	0.01	5.0	8.1	11.3	2.7	0.20	1.62	19.7	44.8	8.2	230	67
5	2	55.0	15.8	29.2	0.21	0.02	10.5	8.4	14.9	6.7	0.35	2.00	23.9	43.5	8.4	250	43
403	2	50.6	36.5	12.9	0.17	0.04	4.3	8.4	7.0	6.5	0.22	1.26	15.0	29.6	8.4	270	160
315	2	45.3	19.4	35.3	0.10	0.02	5.0	8.0	12.4	1.3	0.17	2.30	26.1	57.6	8.8	150	130
62	2	33.7	24.0	42.3	0.14	0.01	14.0	8.2	7.7	4.0	0.09	1.42	14.8	43.9	9.6	310	97
228	2	57.6	22.9	19.5	0.41	0.03	13.7	8.0	12.2	8.0	0.34	2.33	22.8	39.6	10.2	380	137
106	2	61.0	14.6	24.4	0.19	0.02	9.5	8.3	13.0	3.7	0.13	2.14	20.5	33.6	10.4	520	167
24	2	45.0	20.1	34.9	0.16	0.02	8.0	8.3	17.0	3.3	0.13	2.40	22.5	50.0	10.7	290	46
59	2	27.9	23.9	48.2	0.26	0.03	8.7	5.8	3.6	2.0	0.11	1.03	9.5	34.1	10.8	30	86
25	2	29.2	16.9	53.9	0.09	0.02	4.5	7.9	5.4	4.1	0.13	1.28	11.5	39.4	11.1	100	72
419	2	37.2	44.1	18.7	0.38	0.02	19.0	8.8	11.0	5.7	0.33	2.24	19.3	51.9	11.6	280	127
61	2	44.0	16.0	40.0	0.14	0.03	4.7	8.5	9.6	3.3	0.12	1.86	15.9	36.1	11.7	330	68
99	2	51.9	19.8	28.3	0.13	0.02	6.5	8.4	11.4	8.2	0.22	2.83	23.9	46.1	11.8	210	126
7	2	52.5	13.1	34.4	0.03	0.01	3.0	8.7	7.2	7.6	0.14	2.02	17.0	32.4	11.9	350	137
407	2	47.3	24.5	28.2	0.12	0.03	4.0	8.9	8.4	4.8	0.32	2.30	19.1	40.4	12.0	360	134
138	2	50.7	16.3	33.0	0.28	0.03	9.3	8.2	12.3	0.1	0.21	1.75	14.4	28.4	12.2	500	159
20	2	50.0	19.7	30.3	0.10	0.01	10.0	8.6	11.6	6.5	0.18	2.87	21.1	42.2	13.6	265	122
175	2	34.0	26.2	39.8	0.12	0.03	4.0	8.0	13.8	2.1	0.15	2.70	19.7	57.9	13.7	295	123
286	2	44.1	21.9	34.0	0.17	0.01	17.0	8.5	10.6	9.7	0.24	3.35	23.9	54.2	14.0	380	42
114	2	60.5	18.8	20.7	0.19	0.01	19.0	8.4	10.6	4.1	0.30	2.44	17.4	28.8	14.0	170	101
244	2	57.9	19.7	22.4	0.18	0.03	6.0	8.3	15.6	4.4	0.20	3.63	23.9	41.3	15.2	360	108
421	2	37.8	41.8	20.4	0.29	0.05	5.8	8.3	3.0	6.0	0.43	1.74	11.2	29.6	15.5	390	100
267	2	38.3	20.4	41.3	0.18	0.04	4.5	8.3	12.8	1.9	0.25	2.44	14.9	38.9	16.4	140	166
16	2	43.9	19.3	36.8	0.10	0.01	10.0	8.0	10.9	5.1	0.18	3.56	19.8	45.1	18.0	210	95
265	2	28.6	22.9	48.5	0.25	0.04	6.3	8.3	6.7	2.7	0.10	2.40	12.5	43.7	19.2	230	162

Annexe 2.3: Résultats d'analyse: prospection morphopédologique du Kala inf.: horizon 50-100 cm (d'après Keita, 1996)

Tout	Moyenne	42.8	23.9	33.3	7.5	8.2	3.4	0.22	1.13	16.6	39.7	6.8	186
	Médiane	44.3	22.9	31.8	7.7	7.8	2.8	0.20	0.90	16.4	38.3	5.5	130
	Ecart-type	11.6	7.7	13.0	1.1	4.1	1.9	0.12	1.00	5.5	13.7	5.5	143
	Min	6.0	5.5	9.1	5.0	0.7	0.1	0.02	0.01	2.3	9.2	0.1	10
	Max	69.2	51.4	74.0	9.5	19.3	8.6	0.64	5.09	28.8	155.3	28.4	540
Levée	Moyenne	34.7	23.9	41.4	7.0	5.9	2.4	0.21	0.74	13.0	39.1	6.0	131
	Médiane	34.6	23.0	39.3	6.8	5.4	2.0	0.18	0.50	13.1	36.1	4.2	60
	Ecart-type	10.1	8.8	13.0	1.1	3.2	1.4	0.12	0.70	4.6	17.3	5.5	130
	Min	6.0	5.5	10.4	5.0	0.7	0.3	0.04	0.01	2.3	9.2	0.1	10
	Max	58.4	51.4	74.0	9.4	16.5	8.6	0.61	3.26	28.0	155.3	28.4	500
Cuvette	Moyenne	48.3	23.8	27.8	7.8	9.7	4.1	0.23	1.41	19.0	40.2	7.4	220
	Médiane	49.1	22.9	28.8	8.2	9.6	3.9	0.20	1.20	18.9	39.2	6.8	200
	Ecart-type	9.1	6.9	9.8	1.0	3.9	1.9	0.11	1.08	4.7	10.5	5.4	140
	Min	21.1	8.5	9.1	5.2	1.3	0.1	0.02	0.02	5.7	19.8	0.1	10
	Max	69.2	47.0	67.8	9.5	19.3	8.4	0.64	5.09	28.8	85.8	25.5	540
Num	Sol	Arg	Lim	Sab	pH	Ca	Mg	K	Na	CEC	CEC/A	ESP	CE
	1	42.4	19.1	38.5	5.7	2.9	1.5	0.16	0.01	15.9	37.5	0.1	20
166	1	31.5	19.9	48.6	7.0	8.9	2.5	0.25	0.04	11.7	37.1	0.3	110
210	1	39.0	23.0	38.0	6.1	5.6	2.7	0.20	0.10	16.9	43.3	0.6	
232	1	46.6	7.4	46.0	6.2	6.3	2.5	0.14	0.15	24.0	51.5	0.6	
295	1	50.4	15.9	33.7	6.0	4.5	1.7	0.10	0.10	15.5	30.8	0.6	10
167	1	35.6	26.0	38.4	6.8	7.7	2.6	0.20	0.10	13.0	36.5	0.8	60
274	1	45.8	26.8	27.4	6.6	9.1	2.5	0.18	0.12	14.6	31.9	0.8	30
304	1	44.4	23.6	32.0	6.0	7.5	3.3	0.14	0.14	16.1	36.3	0.9	30
252	1	30.8	30.0	39.2	7.4	5.5	1.2	0.10	0.10	11.0	35.7	0.9	
298	1	18.1	37.8	44.1	8.3	8.7	1.7	0.10	0.10	10.6	58.6	0.9	120
290	1	34.2	29.1	36.7	6.8	2.8	1.5	0.20	0.10	10.5	30.7	1.0	20
136	1	42.1	19.7	38.2	6.5	5.4	3.0	0.43	0.12	12.4	29.5	1.0	20
455	1	26.1	44.7	29.2	8.4	8.3	4.6	0.39	0.13	13.4	51.3	1.0	170
169	1	35.7	25.3	39.0	6.1	9.9	2.0	0.15	0.12	12.2	34.2	1.0	50
224	1	26.3	6.0	67.7	6.3	4.1	1.5	0.14	0.10	9.8	37.3	1.0	
199	1	46.8	19.7	33.5	8.1	15.0	3.6	0.30	0.20	19.5	41.7	1.0	
15	1	52.4	13.2	34.4	5.7	4.7	2.7	0.13	0.15	14.6	27.9	1.0	20
95	1	41.0	18.7	40.3	7.4	1.6	0.5	0.05	0.18	16.5	40.2	1.1	80
276	1	50.6	26.5	22.9	5.1	1.6	1.1	0.31	0.14	12.7	25.1	1.1	20
191	1	40.3	19.9	39.8	8.5	8.5	3.3	0.10	0.25	19.8	49.1	1.3	340
256	1	40.4	27.9	31.7	6.8	6.6	2.9	0.20	0.25	19.0	47.0	1.3	20
293	1	20.6	25.9	53.5	5.6	1.4	0.8	0.10	0.10	7.6	36.9	1.3	10
79	1	31.0	12.8	56.2	6.5	7.3	1.8	0.29	0.15	10.9	35.2	1.4	30
308	1	27.3	22.4	50.3	5.0	2.3	2.0	0.26	0.14	10.1	37.0	1.4	10
449	1	39.8	27.0	33.2	8.3	11.1	1.6	0.26	0.19	13.2	33.2	1.4	80
442	1	24.2	14.1	61.7	6.5	3.2	1.6	0.46	0.09	5.7	23.6	1.6	30

Annexe 2.3: Résultats d'analyse: prospection morphopédologique du Kala inf.: horizon 50-100 cm (d'après Keita, 1996)

312	1	18.8	18.3	62.9	8.3	10.0	1.3	0.20	0.21	12.8	68.1	1.6	130
173	1	44.3	26.7	29.0	6.9	9.5	1.9	0.12	0.29	17.6	39.7	1.6	50
306	1	15.0	17.2	67.8	6.7	11.6	5.9	0.17	0.39	23.3	155.3	1.7	20
215	1	40.1	36.0	23.9	7.2	6.8	5.7	0.10	0.30	17.5	43.6	1.7	
273	1	45.2	24.8	30.0	6.0	5.9	2.7	0.35	0.25	13.8	30.5	1.8	20
190	1	30.8	25.0	44.2	6.6	3.0	1.7	0.20	0.20	10.7	34.7	1.9	50
233	1	49.8	5.5	44.7	7.3	8.4	2.5	0.37	0.41	20.7	41.6	2.0	
154	1	26.5	23.0	50.5	6.2	2.7	0.7	0.12	0.20	9.1	34.3	2.2	120
288	1	48.0	21.8	30.2	7.4	8.9	3.0	0.17	0.35	15.9	33.1	2.2	100
196	1	15.2	15.7	69.1	6.7	2.6	1.0	0.15	0.10	4.4	28.9	2.3	
441	1	34.2	27.8	38.0	5.6	3.7	1.9	0.19	0.29	12.5	36.5	2.3	30
211	1	39.4	12.0	48.6	5.9	2.2	1.9	0.20	0.30	12.8	32.5	2.3	40
437	1	21.2	20.4	58.4	8.6	5.0	1.7	0.56	0.39	16.6	78.3	2.3	170
198	1	26.2	17.9	55.9	6.4	2.9	1.3	0.25	0.20	8.2	31.3	2.4	130
436	1	33.0	17.7	49.3	7.3	3.6	1.6	0.51	0.21	8.6	26.1	2.4	80
6	1	52.7	18.5	28.8	7.2	9.1	2.8	0.22	0.37	15.1	28.7	2.5	60
305	1	40.2	21.8	38.0	5.8	8.0	2.3	0.17	0.35	14.2	35.3	2.5	20
206	1	31.1	25.6	43.3	8.5	16.5	3.0	0.20	0.50	20.2	65.0	2.5	290
307	1	28.4	27.2	44.4	6.4	4.5	1.7	0.12	0.18	7.0	24.6	2.6	100
214	1	45.4	28.6	26.0	6.1	7.2	2.4	0.15	0.40	14.9	32.8	2.7	340
208	1	33.0	12.5	54.5	6.5	2.6	1.7	0.10	0.20	7.4	22.4	2.7	80
239	1	21.7	15.1	63.2	6.3	2.3	1.7	0.13	0.20	7.4	34.1	2.7	
296	1	34.3	31.2	34.5	6.9	6.7	2.0	0.15	0.40	14.3	41.7	2.8	110
277	1	58.4	20.8	20.8	5.7	1.7	0.5	0.07	0.37	13.2	22.6	2.8	10
150	1	39.4	20.7	39.9	8.6	9.7	2.1	0.18	0.60	19.5	49.5	3.1	200
216	1	32.4	20.7	46.9	6.6	5.2	1.8	0.10	0.45	14.5	44.8	3.1	
188	1	32.9	37.6	29.5	6.5	1.7	0.8	0.10	0.25	7.9	24.0	3.2	
53	1	34.5	17.1	48.4	6.0	3.4	2.7	0.20	0.34	10.7	31.0	3.2	20
159	1	35.7	36.5	27.8	7.2	7.6	3.0	0.24	0.52	16.1	45.1	3.2	210
268	1	28.2	35.0	36.8	6.2	5.4	1.1	0.20	0.33	10.1	35.8	3.3	30
462	1	45.9	21.0	33.1	8.5	6.1	4.7	0.49	0.46	13.8	30.1	3.3	60
313	1	29.1	23.7	47.2	7.5	7.3	2.0	0.12	0.41	11.9	40.9	3.4	50
87	1	34.8	33.6	31.6	6.8	4.6	1.2	0.16	0.41	11.3	32.5	3.6	30
440	1	36.7	15.9	47.4	5.6	1.6	1.6	0.52	0.29	7.7	21.0	3.8	500
101	1	37.5	21.2	41.3	8.3	14.4	3.3	0.15	0.74	18.6	49.6	4.0	240
63	1	46.2	17.3	36.5	6.1	5.9	3.1	0.22	0.64	15.9	34.4	4.0	20
289	1	6.0	20.0	74.0	6.5	1.2	0.3	0.05	0.10	2.3	38.3	4.3	20
287	1	47.7	15.5	36.8	5.5	3.1	2.4	0.14	0.72	15.9	33.3	4.5	30
204	1	13.7	34.9	51.4	5.4	1.9	0.7	0.20	0.20	4.4	32.1	4.5	20
281	1	18.0	12.4	69.6	6.8	2.6	1.2	0.20	0.30	6.6	36.7	4.5	10
21	1	51.9	17.4	30.7	6.1	5.1	2.7	0.07	0.62	13.5	26.0	4.6	10
258	1	38.2	31.8	30.0	5.7	1.9	1.1	0.35	0.53	11.3	29.6	4.7	20

Annexe 2.3: Résultats d'analyse: prospection morphopédologique du Kala inf.: horizon 50-100 cm (d'après Keïta, 1996)

319	1	39.0	34.7	26.3	5.6	7.7	1.1	0.22	0.80	16.1	41.3	5.0	20
432	1	52.6	22.8	24.6	7.3	5.1	2.7	0.12	0.78	15.6	29.7	5.0	80
146	1	27.5	11.7	60.8	8.3	10.7	1.9	0.21	0.68	13.5	49.1	5.0	170
280	1	42.6	28.7	28.7	5.5	3.7	2.1	0.20	0.70	13.8	32.4	5.1	30
168	1	38.2	21.2	40.6	7.2	4.1	1.6	0.30	0.60	11.6	30.4	5.2	100
140	1	30.3	17.4	52.3	6.9	10.1	1.9	0.13	0.67	12.8	42.2	5.2	180
202	1	41.6	27.8	30.6	8.8	9.8	3.5	0.30	0.90	16.4	39.4	5.5	
184	1	39.4	16.4	44.2	7.4	7.4	3.3	0.15	0.90	16.4	41.6	5.5	
144	1	37.7	11.7	50.6	8.0	10.9	2.3	0.14	0.91	16.1	42.7	5.7	210
438	1	37.7	25.3	37.0	5.5	2.4	2.0	0.61	0.59	10.4	27.6	5.7	100
84	1	27.8	17.4	54.8	7.1	4.8	2.0	0.22	0.54	9.2	33.1	5.9	30
171	1	18.4	22.7	58.9	6.6	5.1	0.9	0.15	0.49	8.2	44.6	6.0	70
240	1	21.5	16.2	62.3	6.3	3.7	1.8	0.15	1.77	28.0	130.2	6.3	400
187	1	25.4	34.4	40.2	7.0	2.9	1.0	0.10	0.50	7.9	31.1	6.3	60
125	1	34.8	12.7	52.5	6.9	1.9	1.0	0.15	0.21	3.2	9.2	6.6	180
189	1	32.1	31.0	36.9	7.7	8.8	2.8	0.15	1.00	14.5	45.2	6.9	
447	1	32.1	33.6	34.3	7.3	5.9	1.9	0.50	0.66	9.0	28.0	7.3	80
70	1	51.2	18.7	30.1	8.1	9.3	4.2	0.37	1.45	19.7	38.5	7.4	120
463	1	34.8	29.0	36.2	5.5	5.2	2.9	0.52	1.17	15.8	45.4	7.4	50
197	1	35.8	24.9	39.3	6.2	5.8	2.2	0.10	1.00	12.9	36.0	7.8	50
223	1	32.0	9.0	59.0	7.0	5.5	1.4	0.09	1.19	15.2	47.5	7.8	
451	1	28.1	51.4	20.5	8.4	5.3	5.1	0.39	0.93	11.8	42.0	7.9	140
74	1	41.0	25.9	33.1	8.1	4.1	1.2	0.04	1.20	15.0	36.6	8.0	110
299	1	46.5	43.1	10.4	7.2	5.7	5.0	0.20	1.00	11.8	25.4	8.5	60
1	1	33.6	16.8	49.6	8.2	9.5	2.3	0.21	1.18	13.2	39.3	8.9	200
219	1	31.5	31.9	36.6	6.3	11.2	3.5	0.20	1.60	17.4	55.2	9.2	50
124	1	45.5	24.8	29.7	8.6	5.4	1.4	0.17	2.00	21.4	47.0	9.3	440
300	1	31.9	27.4	40.7	6.0	3.6	1.5	0.09	1.05	10.8	33.9	9.7	60
458	1	40.8	34.8	24.4	5.8	5.4	2.4	0.41	0.89	9.1	22.3	9.8	40
123	1	49.7	27.7	22.6	8.7	3.0	1.4	0.19	0.50	5.1	10.3	9.8	330
195	1	34.0	39.3	26.7	8.4	9.6	2.5	0.15	1.70	17.3	50.9	9.8	320
297	1	37.4	32.3	30.3	8.6	8.5	4.8	0.20	1.90	19.3	51.6	9.8	360
58	1	34.4	19.7	45.9	7.7	8.5	3.9	0.18	1.40	14.1	41.0	9.9	300
54	1	44.8	23.9	31.3	8.3	10.2	2.9	0.14	1.49	14.8	33.0	10.1	250
464	1	34.7	47.0	18.3	8.3	6.4	5.5	0.36	1.63	16.1	46.4	10.1	170
234	1	42.7	23.4	33.9	6.8	7.5	3.1	0.22	1.23	12.0	28.1	10.3	60
450	1	31.1	29.2	39.7	6.4	6.9	2.2	0.32	1.13	10.5	33.8	10.8	60
76	1	36.0	22.3	41.7	7.7	4.6	1.8	0.14	0.98	8.7	24.2	11.3	130
78	1	23.8	21.7	54.5	8.6	2.9	2.3	0.18	0.88	7.7	32.4	11.4	90
318	1	24.2	15.7	60.1	5.8	6.4	2.5	0.12	1.20	10.2	42.1	11.8	10
265	1	34.7	33.0	32.3	8.5	12.5	3.3	0.10	2.30	19.4	55.9	11.9	280
459	1	19.1	36.1	44.8	6.4	2.1	1.5	0.29	0.71	5.8	30.4	12.2	20

Annexe 2.3: Résultats d'analyse: prospection morphopédologique du Kala inf.: horizon 50-100 cm (d'après Keita, 1996)

279	1	41.1	27.9	31.0	8.6	10.6	3.6	0.10	2.60	20.4	49.6	12.7	320
236	1	23.1	9.5	67.4	6.2	0.7	0.3	0.04	0.81	6.2	26.8	13.1	
231	1	20.9	12.0	67.1	6.4	2.8	1.6	0.23	1.20	8.8	42.1	13.6	70
285	1	15.3	37.1	47.6	8.8	7.6	2.7	0.14	1.66	12.1	79.1	13.7	370
303	1	37.9	30.7	31.4	8.9	6.0	7.5	0.17	2.28	15.9	42.0	14.3	330
60	1	57.4	17.2	25.4	8.6	9.9	6.5	0.14	2.98	19.5	34.0	15.3	390
453	1	34.2	32.4	33.4	8.0	3.4	2.0	0.28	1.03	6.7	19.6	15.4	80
73	1	30.9	28.8	40.3	8.9	5.4	6.6	0.15	2.66	14.8	47.9	18.0	390
460	1	31.6	44.5	23.9	9.4	2.8	8.6	0.45	2.70	14.6	46.2	18.5	400
225	1	31.7	10.0	58.3	8.8	5.0	2.1	0.09	3.26	15.6	49.2	20.9	370
8	1	20.0	19.2	60.8	5.8	2.7	1.3	0.10	1.27	5.9	29.5	21.5	410
149	1	20.0	25.0	55.0	8.6	5.8	1.5	0.10	2.24	9.6	48.0	23.3	410
69	1	26.4	20.8	52.8	8.2	4.4	1.7	0.09	1.90	8.0	30.3	23.8	400
203	1	29.2	29.3	41.5	6.5	2.6	1.7	0.20	2.10	7.4	25.3	28.4	
316	2	35.9	31.7	32.4	7.2	11.1	3.1	0.17	0.02	18.5	51.5	0.1	180
315	2	46.8	19.4	33.8	8.2	13.6	2.4	0.17	0.04	26.2	56.0	0.2	170
19	2	57.1	17.0	25.9	5.7	8.7	5.4	0.22	0.03	18.1	31.7	0.2	20
66	2	46.8	15.3	37.9	6.0	6.4	1.5	0.15	0.03	13.0	27.8	0.2	10
222	2	45.6	32.3	22.1	7.8	17.4	5.3	0.20	0.10	28.4	62.3	0.4	160
260	2	42.7	25.2	32.1	6.6	14.6	3.2	0.18	0.10	21.6	50.6	0.5	30
205	2	61.0	24.6	14.4	8.2	8.5	4.8	0.25	0.10	20.0	32.8	0.5	70
83	2	55.0	17.5	27.5	6.1	3.3	2.8	0.17	0.10	16.8	30.5	0.6	30
321	2	42.2	22.8	35.0	6.4	11.4	5.5	0.14	0.14	21.2	50.2	0.7	20
264	2	52.1	22.8	25.1	8.0	8.8	5.6	0.15	0.15	22.6	43.4	0.7	120
213	2	55.1	27.5	17.4	7.8	15.0	3.9	0.20	0.20	25.7	46.6	0.8	160
221	2	51.0	19.7	29.3	7.8	14.8	4.5	0.20	0.20	25.1	49.2	0.8	160
267	2	42.7	23.5	33.8	8.3	10.9	1.5	0.10	0.12	12.6	29.5	1.0	300
91	2	46.2	16.6	37.2	6.7	7.4	3.9	0.30	0.18	18.4	39.8	1.0	30
162	2	41.0	22.0	37.0	6.6	7.4	2.5	0.20	0.20	19.8	48.3	1.0	70
18	2	37.6	29.1	33.3	7.5	8.2	2.7	0.10	0.15	14.7	39.1	1.0	50
141	2	40.4	20.8	38.8	7.1	15.6	2.7	0.15	0.21	18.6	46.0	1.1	70
107	2	53.2	15.0	31.8	8.2	11.0	4.0	0.38	0.21	17.8	33.5	1.2	340
284	2	46.2	24.4	29.4	5.8	5.1	3.0	0.26	0.22	16.3	35.3	1.3	10
411	2	36.0	34.4	29.6	8.2	11.3	2.8	0.35	0.28	18.9	52.5	1.5	70
163	2	47.3	20.5	32.2	6.3	5.3	3.1	0.12	0.32	21.2	44.8	1.5	50
165	2	52.5	17.3	30.2	6.0	9.6	3.0	0.20	0.20	13.1	25.0	1.5	40
320	2	58.3	22.2	19.5	8.4	12.5	6.6	0.20	0.44	27.8	47.7	1.6	540
77	2	44.3	24.4	31.3	6.0	5.6	2.3	0.14	0.22	13.7	30.9	1.6	40
172	2	40.7	34.5	24.8	8.3	16.2	2.8	0.17	0.49	28.5	70.0	1.7	200
220	2	48.3	20.4	31.3	7.7	13.3	4.9	0.20	0.40	23.1	47.8	1.7	
248	2	50.4	23.2	26.4	8.0	10.9	2.8	0.50	0.35	19.7	39.1	1.8	110
314	2	47.3	21.7	31.0	9.1	15.8	2.6	0.17	0.41	23.0	48.6	1.8	170

Annexe 2.3: Résultats d'analyse: prospection morphopédologique du Kala inf.: horizon 50-100 cm (d'après Keïta, 1996)

55	2	50.5	14.8	34.7	6.6	3.4	3.0	0.28	0.22	12.3	24.4	1.8	20
257	2	54.7	25.6	19.7	8.2	17.7	5.9	0.23	0.53	28.4	51.9	1.9	140
193	2	59.0	25.0	16.0	6.7	10.8	4.5	0.30	0.50	24.9	42.2	2.0	70
117	2	56.5	20.1	23.4	8.5	6.4	3.3	0.49	0.32	15.7	27.8	2.0	
414	2	48.4	27.9	23.7	8.5	13.2	5.6	0.53	0.51	24.6	50.8	2.1	140
207	2	40.3	15.1	44.6	6.7	6.0	2.9	0.20	0.30	14.4	35.7	2.1	50
115	2	52.0	14.2	33.8	6.9	8.9	2.9	0.13	0.38	16.9	32.5	2.2	290
142	2	39.3	24.0	36.7	6.0	2.3	3.3	0.15	0.33	14.0	35.6	2.4	40
109	2	49.0	18.0	33.0	6.6	12.3	4.0	0.41	0.41	17.1	34.9	2.4	80
28	2	37.1	17.4	45.5	7.5	9.7	2.8	0.15	0.41	17.0	45.8	2.4	60
242	2	60.6	13.3	26.1	6.1	3.0	1.9	0.13	0.35	14.4	23.8	2.4	
112	2	36.9	13.6	49.5	6.0	3.3	1.9	0.15	0.25	10.2	27.6	2.5	300
201	2	57.8	20.8	21.4	6.1	6.3	4.9	0.20	0.40	16.2	28.0	2.5	50
174	2	50.9	17.3	31.8	7.7	4.7	2.6	0.24	0.53	19.9	39.1	2.7	65
65	2	54.7	16.2	29.1	6.0	6.8	2.7	0.09	0.52	18.9	34.6	2.8	40
255	2	49.0	29.3	21.7	8.5	17.4	6.7	0.25	0.78	25.2	51.4	3.1	200
26	2	41.1	19.0	39.9	5.8	7.5	3.5	0.20	0.54	17.1	41.6	3.2	20
262	2	28.2	35.0	36.8	6.2	5.4	1.1	0.20	0.33	10.4	36.9	3.2	40
145	2	40.9	22.8	36.3	7.9	14.4	3.6	0.23	0.66	18.9	46.2	3.5	70
200	2	42.5	41.5	16.0	7.4	4.8	2.5	0.20	0.50	14.2	33.4	3.5	140
82	2	52.1	20.1	27.8	8.5	13.6	8.2	0.19	0.92	26.1	50.1	3.5	190
94	2	37.4	19.1	43.5	7.7	10.5	4.0	0.18	0.60	16.7	44.7	3.6	140
160	2	45.7	23.8	30.5	8.4	14.1	3.4	0.17	0.88	24.4	53.4	3.6	290
446	2	55.5	32.9	11.6	5.7	3.9	2.3	0.48	0.46	12.6	22.7	3.7	40
454	2	46.1	23.0	30.9	5.6	10.3	3.4	0.30	0.56	14.6	31.7	3.8	90
230	2	21.1	11.1	67.8	7.4	6.6	1.6	0.15	0.35	8.7	41.2	4.0	
4	2	45.5	19.4	35.1	6.5	7.4	3.0	0.08	0.62	15.4	33.8	4.0	30
56	2	47.7	19.3	33.0	5.5	3.7	2.5	0.20	0.54	13.2	27.7	4.1	10
179	2	59.8	28.0	12.2	6.0	8.0	2.9	0.20	0.80	18.9	31.6	4.2	50
180	2	50.6	32.9	16.5	8.1	13.6	4.5	0.20	0.90	21.2	41.9	4.2	
310	2	42.2	20.9	36.9	7.6	7.4	4.4	0.22	0.80	18.7	44.3	4.3	110
152	2	55.6	30.6	13.8	8.3	12.7	2.8	0.12	1.12	25.9	46.6	4.3	40
456	2	44.0	33.6	22.4	7.5	5.7	2.4	0.20	0.50	11.1	25.2	4.5	170
466	2	33.6	25.7	40.7	6.3	6.1	4.9	0.41	0.89	19.4	57.7	4.6	50
178	2	46.2	23.8	30.0	7.5	13.1	4.1	0.22	0.90	19.6	42.4	4.6	70
3	2	53.1	16.4	30.5	8.3	14.8	4.2	0.13	0.95	20.5	38.6	4.6	230
129	2	53.0	20.0	27.0	6.5	6.6	3.2	0.32	0.55	11.8	22.3	4.7	120
424	2	35.7	23.4	40.9	8.5	8.6	2.9	0.41	0.60	12.5	35.0	4.8	250
139	2	49.9	28.0	22.1	7.5	9.5	0.8	0.15	0.54	11.0	22.0	4.9	360
186	2	34.4	34.6	31.0	6.9	4.0	2.1	0.20	0.60	12.1	35.2	5.0	70
238	2	61.3	18.2	20.5	6.8	9.8	2.7	0.22	1.07	21.2	34.6	5.0	
209	2	42.4	16.0	41.6	7.5	11.3	2.6	0.10	0.90	17.7	41.7	5.1	360

Annexe 2.3: Résultats d'analyse: prospection morphopédologique du Kala inf.: horizon 50-100 cm (d'après Keïta, 1996)

439	2	57.4	16.7	25.9	8.8	4.1	2.5	0.64	0.59	11.6	20.2	5.1	60
292	2	47.1	19.3	33.6	8.4	9.4	6.8	0.20	1.10	21.2	45.0	5.2	210
445	2	57.6	32.2	10.2	5.2	4.2	2.4	0.37	0.80	15.4	26.7	5.2	80
14	2	59.0	27.0	14.0	8.5	13.1	7.0	0.21	1.35	25.9	43.9	5.2	470
444	2	48.5	34.0	17.5	7.7	10.1	3.9	0.32	0.90	17.0	35.1	5.3	110
246	2	47.2	31.1	21.7	8.4	16.2	2.8	0.30	1.10	20.4	43.2	5.4	240
108	2	54.2	13.7	32.1	8.2	11.2	4.2	0.40	0.91	16.7	30.8	5.4	180
278	2	65.7	24.8	9.5	8.4	11.8	7.6	0.13	1.15	20.7	31.5	5.6	230
250	2	61.4	25.4	13.2	7.8	11.9	4.8	0.30	1.00	17.9	29.2	5.6	250
175	2	39.0	23.4	37.6	8.4	18.4	1.1	0.20	1.20	21.4	54.9	5.6	190
177	2	41.8	17.2	41.0	8.5	7.2	2.4	0.15	1.00	17.8	42.6	5.6	310
283	2	57.2	28.2	14.6	8.1	13.7	3.3	0.24	1.33	23.3	40.7	5.7	150
420	2	36.8	36.0	27.2	8.7	11.2	4.3	0.33	1.07	18.7	50.8	5.7	230
448	2	40.5	47.0	12.5	8.2	8.3	5.7	0.46	0.90	15.4	38.0	5.8	170
461	2	44.3	30.7	25.0	5.8	5.7	2.6	0.44	0.85	14.4	32.5	5.9	30
465	2	28.7	36.2	35.1	7.8	8.7	7.1	0.49	1.21	20.1	70.0	6.0	180
235	2	44.0	8.5	47.5	7.7	5.7	0.1	0.31	0.96	15.7	35.7	6.1	
71	2	50.6	17.2	32.2	6.6	6.9	3.0	0.31	0.92	15.0	29.6	6.1	20
317	2	37.3	27.4	35.3	8.0	14.3	1.6	0.17	1.19	19.3	51.7	6.2	130
275	2	60.5	13.7	25.8	8.6	10.0	2.1	0.10	1.48	22.4	37.0	6.6	310
131	2	56.5	21.0	22.5	8.7	11.8	5.6	0.11	1.27	18.8	33.3	6.8	380
135	2	63.6	19.8	16.6	8.4	11.2	7.2	0.11	1.35	19.9	31.3	6.8	380
425	2	39.5	27.9	32.6	8.5	9.2	5.0	0.45	1.14	16.8	42.5	6.8	260
118	2	56.5	13.9	29.6	8.4	15.9	4.6	0.13	1.50	22.1	39.1	6.8	
10	2	55.4	28.4	16.2	8.8	14.1	6.4	0.30	1.52	22.3	40.3	6.8	270
218	2	63.2	17.9	18.9	8.0	14.2	2.0	0.20	1.20	17.5	27.7	6.9	310
269	2	24.7	29.8	45.5	6.6	13.7	4.2	0.15	1.48	21.2	85.8	7.0	300
402	2	57.7	27.9	14.4	8.7	14.5	5.8	0.45	1.67	23.9	41.4	7.0	310
122	2	49.4	26.1	24.5	7.4	12.3	5.2	0.17	1.33	19.0	38.5	7.0	210
5	2	56.5	18.5	25.0	8.9	6.0	2.8	0.10	1.87	26.6	47.1	7.0	400
158	2	46.3	22.9	30.8	8.9	11.0	4.2	0.17	1.96	27.6	59.6	7.1	500
23	2	49.1	27.6	23.3	8.3	11.1	6.9	0.21	1.49	20.9	42.6	7.1	170
161	2	45.9	25.0	29.1	8.6	13.0	3.2	0.15	1.88	25.4	55.3	7.4	200
137	2	54.5	14.6	30.9	8.5	5.0	2.5	0.42	0.80	10.8	19.8	7.4	360
67	2	45.6	21.4	33.0	7.5	1.8	6.2	0.21	1.59	21.4	46.9	7.4	150
153	2	51.6	18.6	29.8	8.6	13.0	3.5	0.15	1.80	23.5	45.5	7.7	40
147	2	48.6	22.5	28.9	8.5	8.3	6.6	0.15	1.50	19.5	40.1	7.7	260
417	2	44.5	31.7	23.8	8.7	9.5	5.9	0.35	1.31	17.0	38.2	7.7	220
194	2	38.6	38.4	23.0	8.4	9.9	3.3	0.15	1.40	17.9	46.4	7.8	
405	2	48.2	30.7	21.1	8.5	11.2	6.8	0.45	1.58	20.0	41.5	7.9	230
435	2	46.0	30.5	23.5	8.8	9.6	6.4	0.26	2.24	28.1	61.1	8.0	520
468	2	51.5	34.9	13.6	5.8	5.7	2.6	0.52	1.46	18.1	35.1	8.1	25

Annexe 2.3: Résultats d'analyse: prospection morphopédologique du Kala inf.: horizon 50-100 cm (d'après Keïta, 1996)

266	2	54.0	28.3	17.7	6.0	4.3	2.1	0.15	1.30	15.8	29.3	8.2	110
404	2	40.8	28.7	30.5	8.3	7.4	6.1	0.28	1.29	15.5	38.0	8.3	230
27	2	48.9	21.6	29.5	8.4	13.5	7.9	0.24	2.09	24.5	50.1	8.5	190
72	2	46.4	22.1	31.5	8.8	13.2	5.6	0.13	1.92	22.5	48.5	8.5	310
119	2	39.3	32.1	28.6	8.4	8.0	4.2	0.11	1.15	13.4	34.1	8.6	340
62	2	33.5	24.0	42.5	8.2	8.4	5.3	0.18	1.42	16.5	49.3	8.6	300
421	2	51.7	26.8	21.5	8.9	9.1	7.7	0.43	1.88	21.7	42.0	8.7	340
272	2	59.8	27.2	13.0	8.3	16.4	4.1	0.18	1.97	22.7	38.0	8.7	270
156	2	43.7	32.7	23.6	8.3	12.2	2.8	0.12	2.36	27.1	62.0	8.7	420
120	2	53.5	21.8	24.7	8.5	8.4	5.2	0.21	1.72	19.7	36.8	8.7	350
61	2	55.0	14.0	31.0	8.4	11.4	4.6	0.12	1.55	17.7	32.2	8.8	320
263	2	63.8	27.1	9.1	7.7	13.9	5.8	0.30	2.01	22.0	34.5	9.1	90
97	2	47.6	17.3	35.1	8.0	13.7	1.4	0.15	1.84	20.0	42.0	9.2	390
226	2	56.7	12.5	30.8	7.5	13.8	2.4	0.15	1.66	18.0	31.7	9.2	145
403	2	55.0	28.5	16.5	8.6	6.4	5.3	0.43	1.26	13.4	24.4	9.4	260
410	2	50.0	31.0	19.0	8.7	4.8	6.1	0.24	1.17	12.3	24.6	9.5	300
423	2	47.2	32.8	20.0	8.5	5.9	8.4	0.56	1.56	16.4	34.7	9.5	280
2	2	65.2	16.8	18.0	8.2	7.5	4.8	0.25	1.54	16.1	24.7	9.6	240
237	2	57.1	16.9	26.0	6.2	7.7	3.6	0.24	1.88	19.4	34.0	9.7	280
93	2	39.5	22.2	38.3	8.5	11.9	5.7	0.16	1.91	19.7	49.9	9.7	470
270	2	63.0	20.8	16.2	8.1	17.2	5.7	0.23	2.50	25.7	40.8	9.7	240
301	2	42.1	24.4	33.5	8.4	8.4	5.2	0.14	1.50	15.4	36.6	9.7	380
185	2	50.7	30.5	18.8	8.2	12.5	5.6	0.15	2.60	26.4	52.1	9.8	180
96	2	36.8	16.6	46.6	8.3	12.3	5.8	0.15	2.09	21.1	57.3	9.9	340
217	2	53.5	19.3	27.2	8.4	14.4	4.5	0.10	2.10	21.1	39.4	10.0	380
13	2	63.4	25.2	11.4	8.3	1.3	1.4	0.02	2.20	22.1	34.9	10.0	80
164	2	21.8	17.5	60.7	6.5	4.8	1.0	0.10	0.66	6.6	30.3	10.0	170
64	2	34.7	47.0	18.3	8.3	6.4	5.5	0.36	1.63	16.1	46.4	10.1	320
271	2	55.8	28.9	15.3	8.5	8.3	5.4	0.25	2.56	25.2	45.2	10.2	220
24	2	45.9	21.7	32.4	8.4	1.9	3.8	0.15	2.45	24.0	52.3	10.2	340
251	2	59.4	25.8	14.8	8.4	15.9	4.9	0.20	2.39	23.3	39.2	10.3	285
467	2	30.3	41.4	28.3	7.3	7.2	1.9	0.29	1.42	13.4	44.2	10.6	350
259	2	54.2	28.4	17.4	8.8	10.5	8.2	0.20	2.29	21.2	39.1	10.8	80
228	2	58.5	22.3	19.2	6.3	7.9	3.8	0.29	2.00	18.4	31.5	10.9	330
416	2	45.0	24.7	30.3	8.9	8.1	5.5	0.37	1.81	16.0	35.6	11.3	190
9	2	52.7	17.7	29.6	8.6	12.9	6.9	0.15	2.72	23.6	44.8	11.5	370
247	2	55.7	28.7	15.6	8.5	15.3	7.7	0.20	3.10	26.3	47.2	11.8	520
148	2	38.7	34.1	27.2	8.2	5.5	6.8	0.13	2.20	18.6	48.1	11.8	360
419	2	49.9	29.3	20.8	8.9	8.4	8.4	0.39	2.31	19.5	39.1	11.8	400
12	2	48.2	17.5	34.3	8.5	13.8	4.4	0.15	2.48	20.8	43.2	11.9	20
249	2	47.0	20.8	32.2	6.0	9.3	2.3	0.20	1.80	14.5	30.9	12.4	370
133	2	52.3	22.8	24.9	8.0	14.8	4.5	0.24	2.92	22.5	43.0	13.0	

Annexe 2.3: Résultats d'analyse: prospection morphopédologique du Kala inf.: horizon 50-100 cm (d'après Keïta, 1996)

155	2	55.2	21.6	23.2	8.3	16.3	5.8	0.51	3.38	26.0	47.1	13.0	360
143	2	35.4	31.9	32.7	8.6	9.6	7.3	0.28	2.61	19.8	55.9	13.2	270
138	2	53.0	19.6	27.4	8.5	11.5	6.4	0.13	2.74	20.7	39.1	13.2	280
7	2	50.5	16.8	32.7	8.9	8.5	6.3	0.41	2.37	17.6	34.9	13.5	410
407	2	50.5	16.9	32.6	8.9	8.5	6.3	0.41	2.37	17.6	34.9	13.5	410
134	2	61.3	18.0	20.7	7.6	19.3	1.7	0.21	3.80	27.8	45.4	13.7	345
132	2	61.9	16.6	21.5	7.7	11.4	7.1	0.44	4.03	28.8	46.5	14.0	290
128	2	56.7	28.2	15.1	7.5	6.4	2.8	0.18	2.22	15.8	27.9	14.1	200
11	2	49.8	32.8	17.4	8.1	13.8	8.2	0.21	3.67	25.9	52.0	14.2	380
20	2	51.7	20.0	28.3	8.8	1.7	0.8	0.18	2.87	19.8	38.3	14.5	500
286	2	48.6	20.7	30.7	8.7	12.7	6.6	0.24	3.56	24.5	50.4	14.5	430
121	2	61.7	17.2	21.1	8.7	3.3	1.5	0.27	3.68	22.6	36.6	16.3	370
90	2	23.5	25.3	51.2	8.0	3.4	1.2	0.17	0.94	5.7	24.3	16.5	340
114	2	69.2	17.0	13.8	9.0	14.3	3.9	0.34	3.70	22.3	32.2	16.6	370
57	2	44.3	21.8	33.9	7.6	11.5	1.8	0.13	3.02	18.2	41.1	16.6	140
111	2	45.0	20.9	34.1	8.9	10.6	4.6	0.14	3.05	18.3	40.7	16.7	400
99	2	49.7	22.9	27.4	8.5	10.9	2.0	0.20	4.39	25.8	51.9	17.0	350
127	2	50.6	13.7	35.7	8.1	7.5	2.5	0.19	2.53	14.0	27.7	18.1	220
16	2	50.2	18.0	31.8	8.5	11.1	5.6	0.19	4.00	20.9	41.6	19.1	460
75	2	50.1	21.3	28.6	8.7	7.0	4.2	0.12	2.70	14.0	27.9	19.3	390
241	2	49.6	12.4	38.0	6.0	9.7	3.1	0.24	3.68	18.4	37.1	20.0	
170	2	34.4	28.0	37.6	8.8	6.4	2.2	0.10	2.20	10.9	31.7	20.2	420
25	2	31.6	19.7	48.7	9.0	6.9	4.4	0.13	3.04	14.5	45.9	21.0	310
17	2	39.8	27.5	32.7	8.8	9.9	1.6	0.14	4.08	18.9	47.5	21.6	480
126	2	50.0	30.6	19.4	8.3	2.7	5.4	0.13	2.33	10.6	21.2	22.0	280
130	2	58.2	23.9	17.9	8.4	6.8	5.6	0.11	3.65	16.6	28.5	22.0	310
80	2	33.3	32.4	34.3	9.5	5.0	2.3	0.17	5.09	21.1	63.4	24.1	520
113	2	55.8	34.2	10.0	9.1	9.4	2.2	0.22	4.06	15.9	28.5	25.5	120

Annexe 3.1. Analyses de sols, horizon 0-20 cm, zone de Niono (Office du Niger), 1996

REF	NUM LA	pHeau	pHKCl	Ca Co meq/100	Mg Co meq/100	K Co meq/100	Na Co meq/100	ESP co (%)	Al Co meq/100	Mn Co meq/100	H+ Co meq/100	CEC Co meq/100	CEC/A	pH Co meq/100
N1 C1	1	8.45	7	17.32	7.27	0.46	1.99	6.8	0	0.01	0	29.09	45.0	7.6
N1 C2	3	8.9	7.4	14.62	6.77	0.33	3.14	12.5	0	0.01	0	25.08	41.8	7.86
N1 C3	5	8.8	7.25	16.18	7.64	0.5	2.68	9.6	0	0.01	0	27.88	42.1	7.66
K01 C5	7	6.1	4.3	9.09	5.7	0.23	0.34	2.0	0	0.07	0.03	16.97	32.3	4.83
K01 C6	9	6.65	5.3	5.22	2.65	0.13	0.35	3.7	0	0.02	0	9.38	36.1	5.74
K01 C7	11	4.8	4.1	2.14	0.94	0.04	0.08	1.8	0.51	0.07	0.12	4.43	21.9	4.23
N6 C37	13	8.75	6.9	7.75	2.03	0.44	3.19	24.5	0	0.01	0	13	41.1	7.15
N6 C13	15	5.3	4	4.4	2.42	0.23	0.29	3.2	0.49	0.11	0.13	9.19	20.7	4.18
N6 C14	17	5.9	4.1	5.45	3.31	0.13	0.28	2.5	0.31	0.09	0.1	11.24	24.0	4.3
N6 C15	19	6.75	5	7.13	4.1	0.35	0.46	3.4	0	0.03	0.01	13.47	26.6	5.4
N6 C12	21	4.7	3.9	4.27	2.31	0.18	0.3	3.5	0.55	0.12	0.14	8.55	22.1	4.14
N6 C17	23	6.8	5.4	5.01	2.67	0.42	0.34	3.7	0	0.03	0	9.27	25.3	5.89
N6 C16	25	6.5	5.05	6.1	3.61	0.3	0.29	2.6	0	0.07	0.01	11.28	25.0	5.51
N6 6dC1	27	5.65	4	4.17	2.58	0.08	0.37	4.0	0.54	0.14	0.13	9.15	22.8	4.2
pHeau														
			pHKCl	Ca Co	Mg Co	K Co	Na Co	ESP co	Al Co	Mn Co	H+ Co	CEC Co	CEC/A	pH Co
Moyenne			5.26	7.78	3.86	0.27	1.01	5.99	0.17	0.06	0.05	14.14	30.47	5.62
Médiane			5.03	5.78	2.99	0.27	0.35	3.59	0.00	0.05	0.01	11.26	25.91	5.46
Ecart-typ			1.28	4.64	2.05	0.14	1.13	5.93	0.24	0.04	0.06	7.46	8.59	1.37
Min			3.90	2.14	0.94	0.04	0.08	1.81	0.00	0.01	0.00	4.43	20.74	4.14
Max			7.40	17.32	7.64	0.50	3.19	24.54	0.55	0.14	0.14	29.09	44.96	7.86

Annexe 3.1. Analyses de sols, horizon 0-20 cm, zone de Niono (Office du Niger), 1996 - suite

Ca Ac	Mg Ac	K Ac	Na Ac	ESP Ac	CEC Ac	CEC/A	Al2O3 To	Fe2O3 To	AR %	LF %	LG %	SF %	SG %
meq/100	meq/100	meq/100	meq/100		meq/100		%	%					
23.21	10.41	0.85	2.55	9.3	27.55	42.6	20.05	4.94	64.7	6.0	6.0	16.0	7.3
24.98	10.29	0.71	4.13	16.6	24.89	41.5	18.32	4.52	60.0	7.0	4.8	15.4	12.8
21.98	10.99	0.93	3.56	12.8	27.9	42.1	19.74	4.82	66.3	6.1	5.3	14.4	8.0
10.8	7.32	0.47	0.42	2.0	20.73	39.4	16.19	4.46	52.6	8.6	8.1	21.7	9.0
5.81	3.24	0.31	0.44	4.5	9.83	37.8	8.8	3.04	26.0	6.9	12.0	39.6	15.5
2.59	1.36	0.14	0.15	2.1	7.26	35.9	6.85	2.19	20.2	5.7	12.3	45.2	16.6
10.17	3.14	0.71	4.3	31.4	13.69	43.3	4.68	2.25	31.6	7.2	9.2	34.6	17.5
5.2	3.2	0.45	0.37	2.7	13.46	30.4	6.67	2.76	44.3	6.8	9.7	24.4	14.9
6.36	4.35	0.32	0.35	2.3	15.07	32.1	7.55	2.98	46.9	10.3	8.5	20.3	14.0
8.33	5.29	0.65	0.59	3.7	15.91	31.4	7.38	2.93	50.7	9.8	7.1	17.6	14.8
4.82	2.96	0.39	0.36	2.8	13.04	33.7	5.58	2.48	38.7	11.5	10.9	25.8	13.1
5.75	3.44	0.7	0.42	3.8	10.91	29.7	6.02	2.59	36.7	12.1	10.0	25.6	15.6
7.16	4.67	0.57	0.38	2.8	13.56	30.1	6.9	2.93	45.1	10.9	9.9	20.0	14.2
4.93	3.4	0.27	0.49	3.5	13.96	34.7	6.64	2.47	40.2	6.0	9.3	33.6	11.0
Ca Ac	Mg Ac	K Ac	Na Ac	ESP Ac	CEC Ac	CEC/A	Al2O3 To	Fe2O3 To	AR %	LF %	LG %	SF %	SG %
10.15	5.29	0.53	1.32	7.16	16.27	36.05	10.10	3.24	44.6	8.2	8.8	25.3	13.2
6.76	3.90	0.52	0.43	3.61	13.83	35.33	7.14	2.93	44.7	7.1	9.3	23.1	14.1
7.24	3.05	0.23	1.51	7.97	6.25	4.84	5.50	0.95	13.2	2.2	2.2	9.2	3.1
2.59	1.36	0.14	0.15	2.03	7.26	29.73	4.68	2.19	20.2	5.7	4.8	14.4	7.3
24.98	10.99	0.93	4.30	31.41	27.90	43.32	20.05	4.94	66.3	12.1	12.3	45.2	17.5

Annexe 3.2. Analyses de sols, horizon 20-40 cm, zone de Niono (Office du Niger), 1996

REF	NUM LAB	pHeau	pHKcl	CE	pH	CE	pH	CE	pH	CE	pH
				Pate saturée		Extrait 1:1		Extrait 1:2.5		Extrait 1:5	
N1 C1	2	8.5	7.1	402	8.57	353	8.17	250	8.25	194	8.29
N1 C2	4	9.05	7.45	550	8.21	434	8.11	332	8.57	271	8.5
N1 C3	6	8.75	7.05	611	8.15	384	8.04	268	8.48	196	8.31
K01 C5	8	7.25	5.45	71	7.77	118	7.73	68	7.91	60	7.75
K01 C6	10	6.9	5.8	108	7.59	125	7.38	84	7.84	63	7.21
K01 C7	12	6.4	5.2	77	7.45	76	7.19	50	7.52	43	7.13
N6 C37	14	9.15	7.2	722	8.63	466	8.39	360	8.5	248	7.84
N6 C13	16	6.25	4.95	267	7.63	176	6.95	86	7.15	57	6.43
N6 C14	18	6.75	5.25	96	7.68	61	7.2	34	6.99	39	7.06
N6 C15	20	7.25	5.45	208	7.58	133	7.32	68	7.03	54	7.09
N6 C12	22	5.35	4.35	556	6.92	275	5.69	132	4.81	77	6.41
N6 C17	24	7.25	5.6	134	7.7	89	7.34	58	7.05	36	6.72
N6 C16	26	7.1	5.6	159	7.76	97	7.22	50	7.06	37	7.32
N6 6dC1	28	6.15	4.5	118	7.56	76	6.47	45	6.56	33	7.14
REF	NUM LAB	pHeau	pHKcl	CE	pH	CE	pH	CE	pH	CE	pH
	Moyenne	7.29	5.78	291	7.80	205	7.37	135	7.41	101	7.37
	Médiane	7.18	5.53	184	7.69	129	7.33	76	7.34	59	7.18
	Ecart-type	1.12	0.98	221	0.44	141	0.69	111	0.96	83	0.65
	Min	5.35	4.35	71	6.92	61	5.69	34	4.81	33	6.41
	Max	9.15	7.45	722	8.63	466	8.39	360	8.57	271	8.50

Annexe 3.2. Analyses de sols, horizon 20-40 cm, zone de Niono (Office du Niger), 1996 - suite

CE	pH	AR %	LF %	LG %	SF %	SG %
Extrait 1:10						
123	8.12	68.1	5.9	5.6	13.3	7.0
205	8.3	62.2	4.5	4.8	15.4	13.1
128	7.97	66.4	6.1	6.1	13.3	8.0
45	7.55	49.0	5.5	12.8	20.9	11.8
53	7.36	34.8	6.4	12.4	31.2	15.1
27	7.27	44.2	4.3	7.4	32.3	11.7
147	7.78	37.1	8.2	12.1	29.0	13.6
43	6.71	41.6	10.8	11.9	21.1	14.5
22	6.86	58.1	9.0	6.6	15.6	10.8
41	6.62	57.1	11.6	5.1	13.9	12.4
45	6.23	39.4	11.1	9.7	24.1	15.7
49	6.75	46.3	13.2	7.8	19.8	13.0
31	6.88	47.7	12.7	7.6	16.7	15.3
26	6.62	41.5	6.3	6.8	31.2	14.2
CE	pH	AR %	LF %	LG %	SF %	SG %
70	7.22	49.5	8.3	8.3	21.3	12.6
45	7.08	47.0	7.3	7.5	20.4	13.1
54	0.62	10.6	3.0	2.8	6.9	2.5
22	6.23	34.8	4.3	4.8	13.3	7.0
205	8.30	68.1	13.2	12.8	32.3	15.7

ANALYSE DES SOLS														
N°	Ca	Mg	K	Na	Mn	H	Somme	CEC	CEC/A	TS	ESP	pHcobalt	pHeau	CE (1/2.5)
	Unité : meq/100g													
1	11.22	5.55	0.16	1.97	0.010	0.0002	18.90	21.03	40.0	0.90	9.36	6.92	8.5	174
2	3.13	1.10	0.15	1.34	0.025	0.0004	5.74	6.20	36.0	0.93	21.67	6.75	8.6	165
3	11.40	5.67	0.09	2.92	0.010	0.0003	20.08	21.95	38.7	0.91	13.29	6.9	8.6	194
4	15.65	6.49	0.19	1.13	0.010	0.0003	23.48	25.95	38.2	0.90	4.37	6.8	8.05	126
5	13.77	5.62	0.19	2.03	0.010	0.0002	21.63	23.09	39.7	0.94	8.78	7.03	8.2	430
6	14.77	5.49	0.73	3.50	0.010	0.0002	24.50	24.28	40.5	1.01	14.43	6.98	7.6	1079
7	2.58	2.18	0.20	2.39	0.010	0.0010	7.36	7.88	34.4	0.93	30.30	6.29	7.2	423
8	2.25	0.57	5.33	3.65	0.010	0.0000	11.81	9.91	100.1	1.19	36.77	8.77	9.95	1480
9	4.78	1.62	0.23	0.07	0.010	0.0001	6.72	7.78	42.5	0.86	0.87	7.4	8	95
10	17.10	6.67	0.22	1.58	0.010	0.0002	25.59	27.72	38.9	0.92	5.71	6.99	8.45	153
11	8.72	4.36	0.60	0.19	0.010	0.0000	13.88	14.64	44.6	0.95	1.33	7.68	8	234
12	2.28	0.51	0.17	0.92	0.010	0.0002	3.90	3.88	44.1	1.00	23.81	7.05	8.65	129
13	17.79	6.56	0.18	2.40	0.010	0.0003	26.94	28.94	40.8	0.93	8.29	6.89	8.45	161
14	3.89	1.69	0.18	0.40	0.010	0.0011	6.16	6.82	38.5	0.90	5.79	6.27	7.65	62
15	2.24	3.68	0.18	6.39	0.010	0.0001	12.50	12.51	41.2	1.00	51.06	7.44	9.5	542
16	1.55	0.47	0.15	0.16	0.010	0.0010	2.33	2.65	39.6	0.88	6.00	6.31	7.8	34
17	4.42	1.00	0.10	0.13	0.010	0.0011	5.67	6.24	32.3	0.91	2.13	6.25	7.4	38
18	4.29	2.68	0.16	0.91	0.010	0.0008	8.05	9.29	36.0	0.87	9.81	6.38	7.45	178
19	5.47	1.93	0.46	0.25	0.010	0.0003	8.12	8.96	38.0	0.91	2.77	6.79	7.75	102
20	8.43	1.55	0.13	0.32	0.010	0.0001	10.43	11.30	53.8	0.92	2.80	7.58	8.3	180
21	15.88	6.41	0.27	1.82	0.010	0.0003	24.38	27.02	40.4	0.90	6.74	6.89	8.3	215
N°	Ca	Mg	K	Na	Mn	H	Somme	CEC	CEC/A	TS	ESP	pHcobalt	pHeau	CE (1/2.5)
Moyenne	8.17	3.42	0.48	1.64	0.011	0.0004	13.72	14.67	42.8	0.94	12.67	6.97	8.21	295
Médiane	5.47	2.68	0.18	1.34	0.010	0.0003	11.81	11.30	39.7	0.92	8.29	6.90	8.20	174
Ecart-type	5.58	2.28	1.10	1.52	0.003	0.0004	8.02	8.65	13.5	0.07	12.81	0.57	0.65	349
Min	1.55	0.47	0.09	0.07	0.010	0.0000	2.33	2.65	32.3	0.86	0.87	6.25	7.20	34
Max	17.79	6.67	5.33	6.39	0.025	0.0011	26.94	28.94	100.1	1.19	51.06	8.77	9.95	1480

Annexe 3.3. Analyse de sols, horizon 20-40 cm, zone de Niono (Office du Niger), 1997 - suite

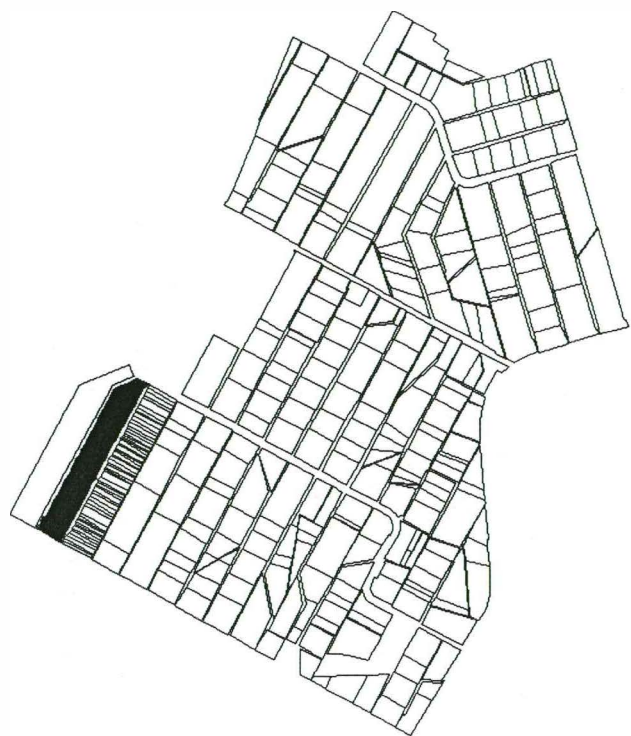
ANALYSE DES SOLS (suite)														
N°	MO	C	N	C/N	P Olsen	argile	limon	s.t.fins	sab.fins	sab.gros	PF 4.2 %	PF 3.0 %	PF 2.5 %	PF 2.0 %
%		%	0/00		ppm									
1	0.414	0.24	0.39	6.15	2.90	52.6	8.0	11.3	17.7	10.4	26.9	29.4	30.4	33.6
2	0.414	0.24	0.28	8.57	2.91	17.2	2.9	11.4	50.8	17.7	13.0	16.8	18.5	20.8
3	0.431	0.25	0.35	7.14	2.16	56.7	3.7	7.7	22.1	9.8	28.7	32.1	33.4	36.2
4	0.569	0.33	0.5	6.60	2.80	68.0	7.2	9.4	11.8	3.5	31.2	33.7	35.5	38.4
5	0.759	0.44	0.57	7.72	3.86	58.2	4.1	10.0	16.4	11.2	27.6	30.7	32.4	35.5
6	1.155	0.67	0.65	10.31	48.61	60.0	8.3	11.9	15.4	4.3	30.3	32.4	34.0	36.3
7	0.517	0.3	0.4	7.50	4.31	22.9	3.3	12.6	50.8	10.4	16.3	21.3	22.8	25.7
8	0.655	0.38	0.39	9.74	45.09	9.9	5.2	11.6	53.2	20.1	8.2	16.0	21.5	25.0
9	0.241	0.14	0.2	7.00	7.19	18.3	3.1	10.8	47.7	20.0	12.0	16.7	19.4	22.3
10	0.741	0.43	0.43	10.00	3.10	71.2	8.0	5.2	9.0	6.6	33.2	35.7	37.0	40.7
11	0.569	0.33	0.31	10.65	2.85	32.8	8.8	10.6	28.9	19.0	22.9	25.7	26.7	29.9
12	0.293	0.17	0.2	8.50	5.43	8.8	1.6	10.1	47.0	32.5	7.3	12.2	14.6	16.7
13	0.397	0.23	0.33	6.97	5.39	70.9	5.6	8.2	10.2	5.1	32.7	36.8	37.9	41.1
14	0.603	0.35	0.45	7.78	2.62	17.7	4.0	13.3	42.9	22.1	13.7	18.0	20.9	23.0
15	0.379	0.22	0.31	7.10	1.67	30.4	6.8	16.6	35.5	10.7	24.4	29.4	30.7	31.9
16	0.276	0.16	0.13	12.31	2.78	6.7	2.0	10.1	42.9	38.4	5.7	9.9	13.8	16.3
17	0.241	0.14	0.24	5.83	12.07	19.3	2.0	8.1	35.7	34.9	9.8	16.5	18.2	20.9
18	0.379	0.22	0.37	5.95	5.28	25.8	2.9	11.6	44.5	15.3	15.5	20.7	23.0	25.1
19	0.293	0.17	0.27	6.30	6.49	23.6	1.3	9.5	48.2	17.4	15.2	21.2	22.4	25.1
20	0.397	0.23	0.31	7.42	2.53	21.0	2.2	10.7	48.6	17.5	17.0	21.1	25.5	28.1
21	0.793	0.46	0.48	9.58	4.00	66.9	6.2	8.5	12.3	6.0	31.7	35.0	37.7	40.0
N°	MO	C	N	C/N	P Olsen	argile	limon	s.t.fins	sab.fins	sab.gros	PF 4.2 %	PF 3.0 %	PF 2.5 %	PF 2.0 %
Moyenne	0.501	0.29	0.36	8.05	8.29	36.1	4.6	10.4	32.9	15.9	20.2	24.4	26.5	29.2
Médiane	0.414	0.24	0.35	7.50	3.86	25.8	4.0	10.6	35.7	15.3	17.0	21.3	25.5	28.1
Ecart-type	0.221	0.13	0.12	1.72	12.72	22.3	2.4	2.3	15.7	9.7	9.1	8.1	7.6	7.7
Min	0.241	0.14	0.13	5.83	1.67	6.7	1.3	5.2	9.0	3.5	5.7	9.9	13.8	16.3
Max	1.155	0.67	0.65	12.31	48.61	71.2	8.8	16.6	53.2	38.4	33.2	36.8	37.9	41.1

Annexe 4.1. Arroseur G5-2d: Données brutes

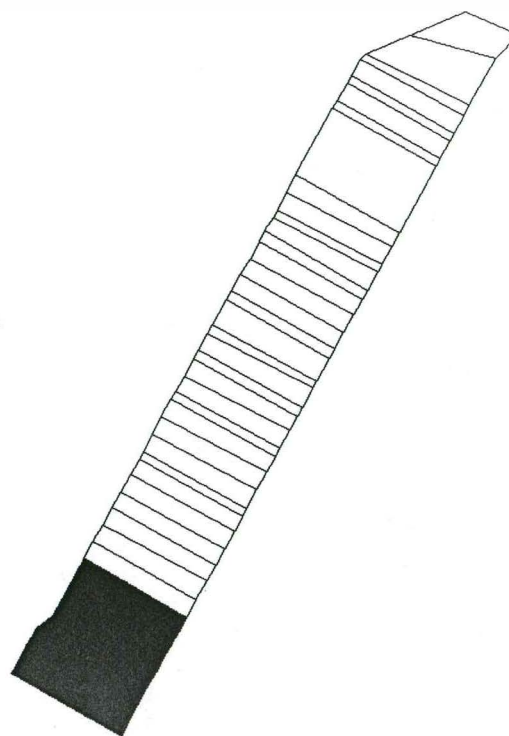
Numéro	Localisation (ON)		Altitude (m-centré)	Sables (%)			pH 2h			pH 24h			Cond. électrique 2h (µS/cm)			Cond. électrique 24 h (µS/cm)		
	X (m)	Y (m)		20 cm	70 cm	120 cm	20 cm	70 cm	120 cm	20 cm	70 cm	120 cm	20 cm	70 cm	120 cm	20 cm	70 cm	120 cm
1	76547	86888	0.05	13.6	12.7	12.9	8.3	8.24	8.3	8.02	8.20	8.10	135	150	260	140	160	300
2	76582	86869	0.06	11.3	8.6	7.9	8.15	8.36	8.38	8.10	8.35	8.16	130	150	250	130	180	275
3	76617	86850	0.02	10.0	9.0	8.4	7.91	8.28	8.24	7.86	8.28	8.02	100	120	140	105	135	170
4	76652	86830	0.06	29.5	23.8	18.9	8.36	8.74	8.98	8.11	8.78	8.60	360	130	560	400	480	720
5	76687	86811	-0.07	11.5	10.8	11.5	8.16	8.36	8.4	8.13	8.35	8.16	120	165	250	130	190	285
6	76707	86800	-0.02	14.7	6.9	13.7	8.32	8.45	8.6	8.17	8.38	8.32	180	250	290	190	270	300
7	76566	86923	0.08	17.1	9.8	6.4	7.98	8.3	8.7	7.96	8.26	8.45	170	190	350	195	215	380
8	76601	86904	0.07	8.3	13.9	6.1	8.38	8.5	8.63	8.36	8.46	8.37	170	290	325	185	300	340
9	76636	86885	0.03	14.7	9.3	8.6	8.06	8.35	8.5	8.06	8.35	8.24	125	190	265	145	200	280
10	76671	86865	0.02	12.1	8.0	9.0	8.12	8.15	8.4	8.25	8.20	8.15	150	200	180	165	215	190
11	76706	86846	-0.00	12.3	7.6	7.7	8.02	8.3	8.42	7.95	8.32	8.12	149	180	210	160	200	230
12	76726	86835	-0.09	8.4	6.8	6.2	8.17	8.3	8.36	8.18	8.27	8.08	200	140	160	230	160	180
13	76598	86951	0.09	12.2	6.2	6.3	8.56	8.38	8.56	8.56	8.37	8.30	280	160	300	300	300	360
14	76620	86939	0.03	11.5	18.0	9.7	8.5	8.4	8.52	8.50	8.36	8.26	240	210	250	250	286	270
15	76655	86920	0.03	25.7	20.1	14.5	8.35	8.65	8.88	8.35	8.73	8.45	260	320	420	290	360	460
16	76690	86900	0.04	30.1	24.0	19.4	8.65	8.74	8.72	8.66	8.78	8.48	400	420	380	420	140	400
17	76725	86881	-0.04	14.2	8.8	10.8	8.4	8.48	8.64	8.38	8.46	8.42	200	250	300	210	290	330
18	76746	86870	-0.06	18.3	6.5	6.4	8.35	8.43	8.52	8.34	8.40	8.30	210	215	300	230	250	300
19	76618	86986	0.13	11.8	10.7	10.4	8.48	8.52	8.58	8.48	8.42	8.38	230	225	250	240	250	260
20	76639	86974	0.01	11.2	7.7	5.7	8.34	8.4	8.53	8.36	8.45	8.29	220	300	300	250	320	330
21	76675	86955	-0.02	18.4	8.7	9.0	8.1	8.34	8.54	8.12	8.35	8.32	150	155	295	100	195	280
22	76710	86936	-0.06	17.9	6.8	7.1	8.25	8.3	8.65	8.28	8.29	8.40	220	100	420	240	480	440
23	76745	86916	-0.11	13.9	7.8	10.7	8.4	8.52	8.45	8.38	8.59	8.48	180	300	320	190	200	560
24	76765	86905	-0.08	20.4	14.2	14.7	8.52	8.92	9.15	8.56	8.71	8.78	380	500	520	400	580	175
25	76637	87021	0.08	12.5	9.3	10.1	8.12	8.2	8.24	8.12	8.15	8.04	115	100	400	130	115	120
26	76659	87009	0.07	17.7	10.4	10.1	7.98	8.31	8.52	7.95	8.25	8.21	200	205	250	240	220	260
27	76694	86990	0.04	14.3	21.7	17.0	7.79	8.32	8.46	7.75	8.30	8.17	205	210	300	250	275	300
28	76729	86971	-0.05	15.0	10.9	11.5	8.28	8.55	8.65	8.30	8.60	8.41	300	330	300	320	380	340
29	76764	86951	-0.01	9.6	4.9	7.0	8.24	8.45	8.48	8.25	8.45	8.20	160	100	205	180	125	240
30	76784	86940	-0.06	9.0	9.9	6.5	8.22	8.32	8.5	8.20	8.30	8.26	200	170	210	215	200	240
31	76656	87056	0.06	20.5	20.7	7.5	8.26	8.4	8.45	8.25	8.35	8.18	280	270	300	300	280	340
32	76678	87044	0.03	10.9	11.5	9.4	8.25	8.34	8.57	8.18	8.48	8.30	205	260	300	240	290	320
33	76713	87025	-0.10	14.0	10.8	17.6	8.2	8.45	8.42	7.95	8.38	8.13	170	150	250	160	210	280
34	76748	87006	-0.00	16.4	15.0	16.7	7.98	7.97	8.2	8.25	8.22	7.91	120	94	150	165	130	160
35	76783	86986	-0.13	18.0	17.1	10.5	8.2	8.2	8.05	7.88	7.55	7.80	160	110	180	140	115	138
36	76803	86975	-0.07	15.8	16.1	4.2	8.02	8.4	8.4	8.07	8.30	8.24	135	190	250	190	220	290

Arroseur G5-2d: localisation des prélèvements

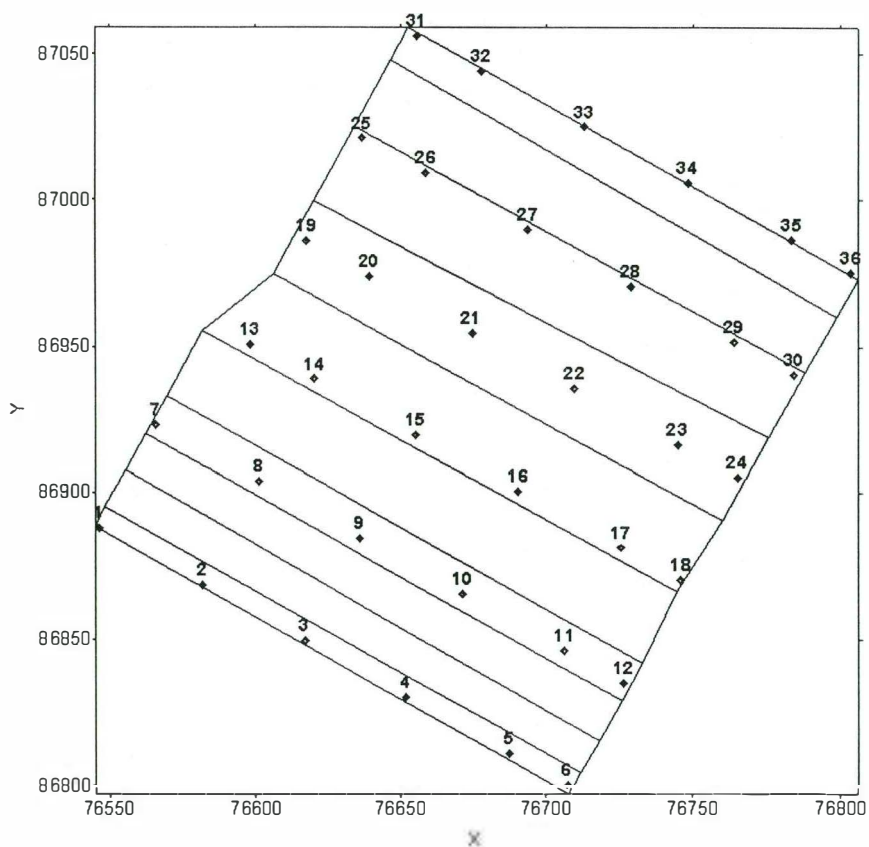
Plan cadastral du village "G5" et localisation de l'arroseur "G5-2d"



Plan cadastral de l'arroseur "G5-2d" et localisation de la zone d'étude



Localisation des prélèvements

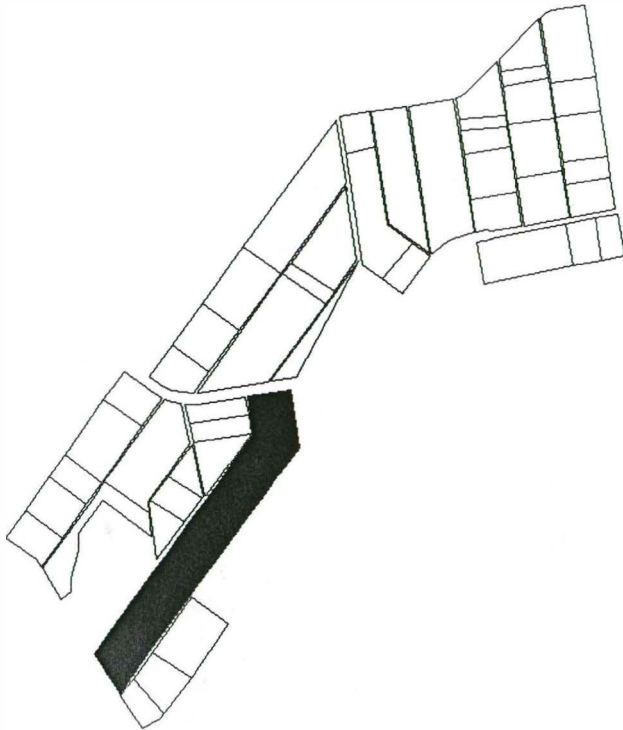


Annexe 4.2. Arroseur KL3-7d: Données brutes

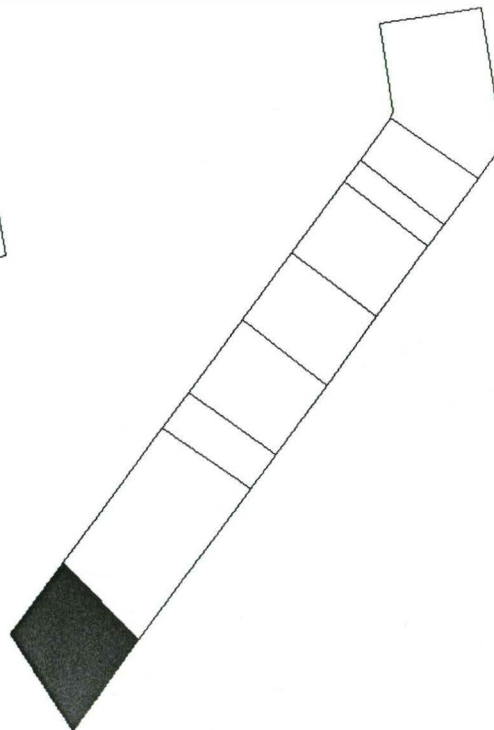
Numéro	Localisation (ON)		Altitude (m-centée)	Sables (%)			pH 2h			pH 24h			Cond. Electrique 2h (µS/cm)			Cond. Electrique 24h (µS/cm)		
	Num	X(m)	Y(m)	20 cm	70 cm	120 cm	20 cm	70 cm	120 cm	20 cm	70 cm	120 cm	20 cm	70 cm	120 cm	20 cm	70 cm	120 cm
1	76444	70086	0.01	23.5	18.5	22.9	7.10	7.52	8.08	6.93	7.35	7.77	74	100	120	84	152	130
2	76468	70068	0.02	42.2	36.6	29.8	8.22	8.35	8.16	8.06	8.11	7.88	210	200	210	172	240	250
3	76500	70045	0.04	67.0	52.1	42.3	6.47	7.49	7.42	6.16	6.98	7.13	40	42	54	42	50	66
4	76532	70021	0.15	68.7	62.6	55.8	8.69	7.61	7.70	8.33	7.30	7.41	120	96	68	160	100	78
5	76565	69998	0.03	69.1	66.1	64.4	8.15	7.91	7.86	7.74	7.82	7.51	88	62	52	110	74	64
6	76597	69974	0.07	65.3	57.7	57.2	7.13	6.59	6.40	7.01	6.40	6.26	38	22	24	45	25	28
7	76421	70053	0.02	56.6	49.8	49.4	6.40	5.80	5.93	6.25	5.56	5.84	34	20	20	32	20	20
8	76444	70036	0.00	46.8	31.5	28.7	5.83	5.59	7.62	5.83	5.32	7.29	30	44	70	25	40	92
9	76477	70012	-0.03	61.0	32.6	35.9	7.50	7.02	8.18	7.08	6.78	7.93	66	66	68	73	72	230
10	76509	69989	0.10	67.8	47.9	55.2	5.96	7.28	7.34	5.96	6.86	7.11	20	38	38	20	48	42
11	76541	69965	0.11	76.0	54.8	48.8	5.29	6.82	6.78	5.14	6.48	6.60	16	22	30	14	30	34
12	76574	69942	0.04	69.9	51.9	52.4	7.04	5.89	6.17	6.94	5.60	6.05	28	20	44	35	20	14
13	76396	70021	0.00	71.6	33.1	27.4	7.38	5.56	6.82	6.98	5.39	6.48	52	22	22	60	22	40
14	76421	70004	-0.03	49.5	28.9	30.6	7.08	5.54	5.75	6.75	5.64	5.62	38	28	14	40	18	15
15	76453	69980	0.02	46.9	64.2	63.3	7.56	8.20	8.57	7.29	8.19	8.24	70	84	160	90	110	190
16	76485	69957	-0.04	70.1	60.8	41.9	6.68	6.41	6.16	6.53	6.14	5.95	32	24	14	40	28	16
17	76518	69933	-0.03	73.3	52.0	41.7	6.80	5.22	7.84	6.47	6.04	7.48	28	20	74	30	20	94
18	76550	69909	0.04	74.7	66.8	65.8	6.61	6.60	6.51	6.37	6.41	6.33	24	22	40	30	26	44
19	76372	69990	0.01	43.6	32.8	34.4	6.83	6.01	7.08	6.60	5.76	6.78	56	30	60	65	28	82
20	76397	69971	-0.05	57.4	48.1	33.6	6.68	5.48	5.42	6.43	5.35	5.32	24	22	26	30	20	26
21	76430	69948	0.03	62.8	55.4	55.0	6.30	7.77	7.89	6.23	7.50	7.63	16	48	96	12	56	130
22	76462	69924	-0.08	59.4	42.2	34.5	5.44	5.76	5.68	5.64	5.48	5.54	18	16	44	12	14	12
23	76494	69901	-0.05	66.0	34.2	29.2	6.05	5.77	5.70	6.24	5.55	5.56	20	22	16	26	20	16
24	76527	69877	-0.05	70.1	66.2	67.0	6.38	6.27	6.20	6.08	6.07	6.12	20	12	22	25	12	24
25	76389	69960	0.02	47.5	39.8	31.0	6.93	5.91	6.57	6.88	5.62	6.39	38	22	40	48	20	48
26	76412	69923	0.00	62.4	54.6	51.4	5.81	6.36	5.79	5.56	6.08	5.69	18	14	22	20	20	20
27	76438	69892	-0.03	65.0	52.7	62.4	5.94	6.68	6.42	5.88	6.53	6.20	16	20	28	16	24	22
28	76471	69868	-0.07	49.9	45.8	38.8	5.66	5.59	5.37	5.74	5.46	5.41	28	10	12	30	12	11
29	76503	69845	-0.06	59.7	35.6	32.1	5.43	5.84	6.24	5.53	5.47	6.10	18	12	28	18	12	32
30	76458	69850	-0.06	58.4	48.0	37.7	5.82	5.85	5.89	5.90	5.83	5.77	28	25	22	35	30	24
31	76480	69813	-0.10	37.2	32.4	27.8	6.14	6.23	7.62	6.41	6.02	7.31	44	20	100	50	30	130

Arroseur KL3-7d: localisation des prélèvements

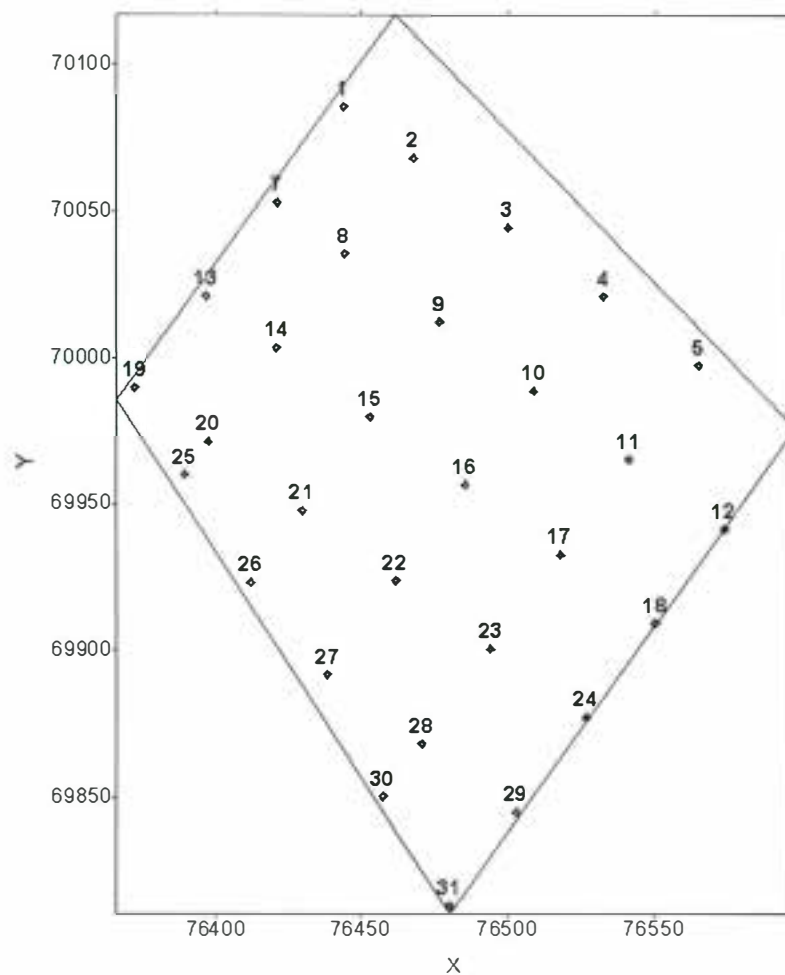
Plan cadastral du village "KL3" et localisation de l'arroseur "KL3-7d"



Plan cadastral de l'arroseur "KL3-7d" et localisation de la zone d'étude



Localisation des prélèvements



Annexe 4.3. Arroseur N1-2D-3g: Données brutes

Numéro	Localisation (ON)		Altitude (m-centrée)	Sables (%)			pH 2h			pH 24h			Cond. Electrique 2h (µS/cm)			Cond. Electrique 24h (µS/cm)		
	X(m)	Y(m)		20 cm	70 cm	120 cm	20 cm	70 cm	120 cm	20 cm	70 cm	120 cm	20 cm	70 cm	120 cm	20 cm	70 cm	120 cm
4d-1	78378	79099	0.14	58.8	35.1	35.1	7.27	8.28	8.46	7.09	8.30	8.29	66	260	300	110	390	420
4d-2	78372	79121	0.08	64.1	52.5	29.1	9.05	7.2	7.51	8.79	7.37	7.32	285	120	100	390	2.15	175
4d-3	78367	79143	0.14	59.8	60.5	26.2	9.36	9.06	8.77	9.11	8.97	8.60	500	500	310	640	700	520
4d-4	78341	79089	0.07	56.5	38.8	20.1	8.01	8.11	7.99	7.83	8.15	7.88	220	230	270	320	340	348
4d-5	78335	79112	0.03	64.2	43.1	44.1	7.49	6	7.88	7.18	6.11	7.80	120	62	175	180	110	295
4d-6	78330	79134	0.11	53.6	40.4	28.3	8.91	8.39	8.02	8.74	8.40	7.92	400	360	275	600	540	360
4d-7	78304	79080	0.05	50.7	29.2	37.4	6.32	6.52	7.87	6.28	6.60	7.33	145	110	300	210	210	440
4d-8	78298	79103	-0.02	30.3	34.5	22.5	7.9	8.19	8.19	7.78	8.23	8.14	195	300	300	290	420	450
4d-9	78293	79125	-0.14	58.0	40.7	10.7	6.35	5.07	5.12	6.04	5.15	5.31	36	25	26	50	38	33
4d-10	78267	79071	-0.06	33.0	26.7	42.1	6.29	5.01	7.13	6.15	5.17	7.11	54	42	110	79	65	185
4d-11	78262	79093	-0.06	40.6	38.2	41.2	7.2	6.43	8.46	7.10	8.19	8.42	265	70	420	340	520	600
4d-12	78256	79116	-0.18	61.7	36.6	58.4	6.53	4.66	4.82	6.32	5.08	5.07	82	21	26	120	32	36
4d-13	78230	79062	-0.08	56.0	33.7	33.2	6.53	6.03	5.78	6.39	5.90	6.87	54	60	32	79	54	94
4d-14	78225	79084	-0.05	51.5	65.2	37.4	7.49	7.34	7.3	7.40	7.45	7.55	125	190	150	200	255	300
4d-15	78219	79106	0.00	67.6	45.5	59.5	6.96	5.48	6.86	6.86	6.73	6.94	52	46	52	82	74	88
4g-1	78391	79047	0.15	44.0	33.2	14.6	8.77	8.34	7.82	8.44	8.36	7.96	185	300	250	320	500	400
4g-2	78385	79070	0.10	52.8	40.4	31.6	8.08		8.02	7.91	7.99	8.07	100	100	220	180	250	320
4g-3	78379	79092	0.09	60.1	39.8	31.6	7.02	7.28	7.3	6.91	7.36	7.41	60	100	100	100	170	220
4g-4	78354	79038	0.02	55.6	38.7	31.4	6.66	5.04	7.18	6.72	5.34	7.32	46	27	78	80	44	52
4g-5	78348	79061	0.04	33.8	38.7	36.6	5.44	4.91	6.06	4.92	5.33	6.27	94	110	64	140	74	110
4g-6	78343	79083	0.08	40.7	26.9	31.3	6.78	7.98	7.84	6.82	8.04	7.97	69	160	250	120	290	400
4g-7	78317	79029	-0.00	49.3	41.9	36.5	6.34	4.8	4.72	6.47	5.16	5.03	32	24	25	64	35	45
4g-8	78311	79051	0.06	24.8	35.6	40.1	7.93	7.81	8	7.97	7.92	8.08	290	230	210	460	380	320
4g-9	78306	79074	0.03	29.4	36.3	45.7	5.14	5.52	6.05	5.30	5.96	6.35	22	32	60	39	50	110
4g-10	78280	79020	-0.05	37.4	36.4	27.7	6.45	7.48	7.3	6.48	7.60	7.52	110	76	180	210	170	300
4g-11	78274	79042	-0.13	30.7	28.1	16.2	6.48	7.5	7.57	6.43	7.61	7.65	100	125	170	180	210	300
4g-12	78269	79064	-0.08	23.4	22.0	27.7	5.65	7.15	7.42	5.88	7.29	7.52	42	100	175	70	180	290
4g-13	78243	79011	-0.11	22.3	15.2	20.3	7.78	7.75	7.67	7.78	7.89	7.78	135	140	275	230	200	440
4g-14	78238	79033	-0.09	32.4	26.1	27.5	8.16	8.03	7.9	8.09	8.14	7.96	160	300	380	320	420	185
4g-15	78232	79055	-0.14	58.9	42.3	23.3	4.83	5.53	5.4	5.28	6.03	5.41	32	26	32	49	36	49
5d-1	78352	79201	0.11	74.0	39.0	27.1	8.42	8.74	8.31	8.04	8.59	8.39	180	480	400	270	640	640
5d-2	78346	79223	0.11	43.1	38.2	46.9	8.28	8.31	7.97	8.09	8.20	8.12	260	310	280	340	450	420
5d-3	78341	79246	0.07	44.6	31.0	47.7	7.47	8.08	7.84	7.20	7.98	8.00	190	240	210	270	300	300
5d-4	78315	79192	0.06	40.2	30.1	38.9	8.16	8.69	8.55	7.90	8.54	8.66	450	640	500	600	860	850

Annexe 4.3. Arroseur N1-2D-3g: Données brutes

5d-5	78310	79214	-0.02	50.7	57.4	35.8	7.46	7.02	7.31	7.15	6.89	7.52	185	265	110	285	125	190
5d-6	78304	79236	-0.05	31.5	31.5	28.4	7.4	8.17	7.81	7.24	8.04	7.99	190	180	255	280	275	360
5d-7	78278	79183	-0.02	31.7	33.3	22.6	8.62	8.47	7.66	8.47	8.36	7.91	550	440	190	740	600	300
5d-8	78273	79205	0.02	25.6	26.5	30.2	7.57	8.23	8.28	7.36	8.12	8.45	960	450	320	1350	620	580
5d-9	78267	79227	-0.09	30.6	25.8	34.3	7.05	8.22	9.16	6.78	8.11	8.33	1100	480	310	1500	650	600
5d-10	78241	79173	-0.02	57.5	40.3	27.0	8.78	8.73	8.29	8.51	8.56	8.42	260	500	340	350	680	520
5d-11	78236	79196	-0.04	60.8	56.2	31.0	7.22	7.04	9.16	6.91	6.96	6.81	59	48	320	100	80	140
5d-12	78230	79218	-0.12	37.0	36.3	40.1	5.99	5.16	9.01	5.80	5.16	8.82	200	40	460	265	54	90
5d-13	78205	79164	-0.04	63.9	50.9	42.3	8.27	9.04	6.03	7.93	8.87	5.99	110	500	66	165	700	640
5d-14	78199	79186	-0.09	54.8	43.5	44.9	6.28	5.72	5.61	5.66	5.74	5.63	28	58	39	40	76	54
5d-15	78193	79209	-0.09	65.6	57.9	55.4	7.4	7.08	7.32	7.12	7.03	7.17	60	54	65	100	94	130
5g-1	78365	79150	0.11	60.5	55.8	46.8	9.21	9.15	8.65	8.91	8.84	8.36	500	560	440	600	685	500
5g-2	78359	79172	0.17	69.1	56.9	51.7	9.86	9.75	9.61	9.44	9.36	9.29	1200	1400	1300	1300	1100	920
5g-3	78354	79194	0.08	66.4	37.1	30.0	9.24	9.15	8.71	8.85	8.78	8.42	460	800	79	560	890	900
5g-4	78328	79141	0.11	59.2	45.4	40.0	8.35	8.86	8.34	8.63	8.51	8.08	400	600	440	490	690	500
5g-5	78322	79163	0.08	64.1	52.6	49.7	9.47	9.12	8.4	9.16	8.82	8.02	690	540	400	800	820	400
5g-6	78317	79185	0.06	62.6	38.0	30.7	8.08	5.75	8.5	7.65	5.43	7.65	149	170	500	180	175	520
5g-7	78291	79131	-0.03	65.2	56.5	43.3	6.52	6.47	5.34	6.10	6.15	5.08	79	100	56	100	105	50
5g-8	78286	79154	-0.01	55.9	52.3	50.3	8.75	9.11	9.2	8.46	8.74	8.82	500	630	840	600	700	900
5g-9	78280	79176	0.04	56.3	36.7	41.3	8.38	9.78	8.73	8.15	8.49	8.38	280	520	560	300	640	620
5g-10	78254	79122	-0.13	62.3	47.6	33.6	6.56	5.98	5.43	5.96	5.70	5.21	120	69	660	180	72	64
5g-11	78249	79144	-0.07	67.3	54.3	53.5	7.86	6.96	6.43	7.78	6.73	6.25	150	110	85	180	130	96
5g-12	78243	79167	-0.04	67.9	60.3	53.6	6.9	6.98	6.86	6.58	6.63	6.54	75	100	92	100	105	100
5g-13	78217	79113	-0.08	76.9	69.1	69.9	6.88	7.15	7.79	6.53	6.74	6.63	69	72	90	86	88	100
5g-14	78212	79135	0.01	64.0	63.6	62.7	8.51	8.32	8.45	8.01	8.83	8.07	330	300	300	400	350	340
5g-15	78206	79158	-0.03	69.5	56.3	56.5	8.62	9.23	9.35	8.21	8.40	8.93	340	1300	500	390	1900	1600

Données brutes - Conductivité électromagnétique: N1-2D-3g (1998)

Número	X	Y	CEM-V	CEM-H	Rigole	Número	X	Y	CEM-V	CEM-H	Rigole
	(m)	(m)	(mS/m)	(mS/m)			(m)	(m)	(mS/m)	(mS/m)	
A1	78342	79248	52.4	36.7	5d	A1	78367	79146	66.8	51.4	4d
A2	78330	79245	29.5	20.4	5d	A2	78355	79143	46.7	31.5	4d
A3	78317	79242	70.2	55.8	5d	A3	78343	79140	64.3	53.7	4d
A4	78305	79239	60.5	39.5	5d	A4	78331	79137	58.6	44	4d
A5	78293	79236	71.5	53.3	5d	A5	78319	79134	36.2	24.3	4d
A6	78281	79233	52.4	40.7	5d	A6	78307	79131	24.4	18.5	4d
A7	78269	79230	79.4	56.5	5d	A7	78295	79128	19.2	13	4d
A8	78257	79227	75.5	55.8	5d	A8	78282	79125	16.5	12	4d
A9	78245	79224	95.5	58.3	5d	A9	78270	79122	14.2	11.2	4d
A10	78233	79221	48.2	33.6	5d	A10	78258	79119	22.2	15.8	4d
A11	78220	79218	30.1	20.7	5d	A11	78246	79116	21.3	13.1	4d
A12	78208	79215	31.8	21.5	5d	A12	78234	79113	20.2	14.5	4d
A13	78196	79212	33.1	26.7	5d	A13	78222	79110	23	16.2	4d
B1	78345	79236	97.3	79.1	5d	B1	78370	79134	33.5	22.1	4d
B2	78333	79233	25.4	17.6	5d	B2	78358	79131	38.1	25.7	4d
B3	78320	79230	52.8	37.4	5d	B3	78346	79128	65	50.6	4d
B4	78308	79227	83.8	60.1	5d	B4	78334	79125	47	37.1	4d
B5	78296	79224	57.4	46.7	5d	B5	78322	79122	38.7	25	4d
B6	78284	79221	27	21.7	5d	B6	78310	79119	49.2	38.2	4d
B7	78272	79218	36.7	27.2	5d	B7	78298	79116	66.6	49.8	4d
B8	78260	79215	84.2	63.4	5d	B8	78286	79113	61.8	47.7	4d
B9	78248	79212	61.6	41.5	5d	B9	78273	79110	33.2	21.2	4d
B10	78236	79209	86.3	60.8	5d	B10	78261	79107	29.4	19.9	4d
B11	78223	79206	41.7	31.3	5d	B11	78249	79104	17	11.5	4d
B12	78211	79203	59.1	44.4	5d	B12	78237	79101	27.7	18.8	4d
B13	78199	79200	24.6	25.8	5d	B13	78225	79098	36.2	32.6	4d
C1	78348	79224	45.9	34.1	5d	C1	78373	79122	35.8	24.4	4d
C2	78336	79221	33.2	29.1	5d	C2	78361	79119	36.5	24.4	4d
C3	78324	79218	48.8	39.6	5d	C3	78349	79116	18	11.7	4d
C4	78311	79215	48.9	35.5	5d	C4	78337	79113	27.4	17.8	4d
C5	78299	79212	78.1	71.4	5d	C5	78325	79110	19.1	13.7	4d
C6	78287	79209	80.9	58.7	5d	C6	78313	79107	33.1	24	4d
C7	78275	79206	79.1	57.6	5d	C7	78301	79104	44.6	33.4	4d
C8	78263	79203	74.2	48.1	5d	C8	78289	79101	45.6	29.1	4d
C9	78251	79200	72.8	49.9	5d	C9	78276	79098	59.9	42.6	4d
C10	78239	79197	36	26.1	5d	C10	78264	79095	67.4	43.6	4d
C11	78227	79194	60.5	49.2	5d	C11	78252	79092	26.3	16.9	4d
C12	78214	79191	82.4	61.7	5d	C12	78240	79088	41.3	27.8	4d
C13	78202	79188	31.4	19.9	5d	C13	78228	79085	27.7	19.5	4d
D1	78351	79212	58.5	41.6	5d	D1	78376	79110	52.3	33.3	4d
D2	78339	79209	76.1	53	5d	D2	78364	79107	47.3	37	4d
D3	78327	79206	84.6	63	5d	D3	78352	79104	17.7	14.2	4d
D4	78314	79203	85.3	62.6	5d	D4	78340	79101	47.1	38.5	4d
D5	78302	79200	80.2	55	5d	D5	78328	79098	29.1	19.2	4d
D6	78290	79197	72.4	54.3	5d	D6	78316	79095	24.8	16	4d
D7	78278	79194	72	49.5	5d	D7	78304	79092	40.4	27.1	4d
D8	78266	79191	65.6	44.3	5d	D8	78292	79088	43.9	29.1	4d
D9	78254	79188	83.1	57.2	5d	D9	78279	79085	53.6	41.3	4d
D10	78242	79185	89.3	59.6	5d	D10	78267	79082	52.9	36.1	4d
D11	78230	79182	95.5	68.2	5d	D11	78255	79079	40.2	27	4d
D12	78217	79179	51.9	34.6	5d	D12	78243	79076	39.9	26.8	4d
D13	78205	79176	56.3	38.5	5d	D13	78231	79073	29.1	21.2	4d
E1	78354	79200	75.1	57.3	5d	E1	78380	79098	51.2	37.1	4d
E2	78342	79197	76.3	57.7	5d	E2	78367	79095	43.6	27.8	4d
E3	78330	79194	68	50.2	5d	E3	78355	79092	21.3	13.3	4d
E4	78317	79191	88.3	66.7	5d	E4	78343	79089	55.4	41.6	4d
E5	78305	79188	64.5	45.8	5d	E5	78331	79085	42	30.7	4d
E6	78293	79185	59	41.2	5d	E6	78319	79082	34.1	21.3	4d
E7	78281	79182	82.3	59.9	5d	E7	78307	79079	31	20.5	4d
E8	78269	79179	71.2	54	5d	E8	78295	79076	31.4	19.4	4d
E9	78257	79176	31.1	21.5	5d	E9	78283	79073	39.8	26.9	4d
E10	78245	79173	51.3	36.8	5d	E10	78270	79070	30.1	20	4d
E11	78233	79170	50.9	37.8	5d	E11	78258	79067	44.9	27.9	4d
E12	78220	79167	29.1	18.5	5d	E12	78246	79064	48.4	31.6	4d
E13	78208	79163	63.8	44	5d	E13	78234	79061	21.2	14.6	4d
A1	78355	79196	83.8	66.1	5g	A1	78381	79094	18.7	12.5	4g
A2	78343	79193	76.1	56.2	5g	A2	78368	79091	25.8	18.7	4g
A3	78331	79190	60.2	37.8	5g	A3	78356	79088	15.1	11.6	4g
A4	78318	79187	65.3	44.7	5g	A4	78344	79085	23.8	17	4g

Données brutes - Conductivité électromagnétique: N1-2D-3g (1998)

A5	78306	79184	31.7	18.7	5g	A5	78332	79082	24.9	19.3	4g
A6	78294	79181	30.7	20	5g	A6	78320	79079	18.5	13.2	4g
A7	78282	79178	74.8	54.3	5g	A7	78308	79076	10.7	7.7	4g
A8	78270	79175	77.2	54.6	5g	A8	78296	79073	16.8	12.1	4g
A9	78258	79172	18.6	12.6	5g	A9	78284	79070	20.2	14.2	4g
A10	78246	79169	27.7	18.7	5g	A10	78271	79067	14.1	12.5	4g
A11	78234	79166	49.2	37.8	5g	A11	78259	79064	32	22.3	4g
A12	78221	79163	20.3	11.7	5g	A12	78247	79061	21.8	16.9	4g
A13	78209	79160	71.5	48.7	5g	A13	78235	79057	9.1	6.5	4g
B1	78358	79184	52.4	41.9	5g	B1	78384	79082	11	7	4g
B2	78346	79181	41.2	30.9	5g	B2	78371	79079	18.7	20.3	4g
B3	78334	79178	37	26.6	5g	B3	78359	79076	11.6	9	4g
B4	78322	79175	55.5	41.7	5g	B4	78347	79073	17	8.5	4g
B5	78309	79172	39.7	26.8	5g	B5	78335	79070	19.3	10	4g
B6	78297	79169	53	37.6	5g	B6	78323	79067	13.2	5.5	4g
B7	78285	79166	78.5	59	5g	B7	78311	79064	7.7	7.2	4g
B8	78273	79163	64.4	49	5g	B8	78299	79061	12.1	7	4g
B9	78261	79160	23.4	15.7	5g	B9	78287	79057	14.2	21	4g
B10	78249	79157	18.1	12.3	5g	B10	78274	79054	12.5	16	4g
B11	78237	79154	23	14.2	5g	B11	78262	79051	22.3	21.7	4g
B12	78225	79151	40.4	28.2	5g	B12	78250	79048	16.9	8.7	4g
B13	78212	79148	77.3	53.5	5g	B13	78238	79045	6.5	9.6	4g
C1	78361	79172	101.8	92.7	5g	C1	78387	79070	54.7	35.5	4g
C2	78349	79169	46.4	35	5g	C2	78374	79067	35.9	22.6	4g
C3	78337	79166	49.9	38.8	5g	C3	78362	79064	46.8	33.4	4g
C4	78325	79163	90.1	79.8	5g	C4	78350	79061	37.8	22.7	4g
C5	78312	79160	42.6	30.5	5g	C5	78338	79057	61	41.2	4g
C6	78300	79157	48.5	41.1	5g	C6	78326	79054	28.3	17.9	4g
C7	78288	79154	43.8	31.4	5g	C7	78314	79051	60.4	41.7	4g
C8	78276	79151	39.6	29.6	5g	C8	78302	79048	43.2	27.6	4g
C9	78264	79148	43.9	32.6	5g	C9	78290	79045	52.7	34.4	4g
C10	78252	79145	25.2	18	5g	C10	78277	79042	74.8	51.4	4g
C11	78240	79142	36.3	27.1	5g	C11	78265	79039	60.5	41.7	4g
C12	78228	79139	51	42.8	5g	C12	78253	79036	63.6	43.6	4g
C13	78215	79136	57.2	44.2	5g	C13	78241	79033	76.6	59.6	4g
D1	78364	79160	67.9	60.7	5g	D1	78390	79058	54.8	39.6	4g
D2	78352	79157	48.5	37.5	5g	D2	78378	79054	66.4	54	4g
D3	78340	79154	50.3	38.2	5g	D3	78365	79051	37.8	27.1	4g
D4	78328	79151	43.7	29.4	5g	D4	78353	79048	55.4	37.7	4g
D5	78315	79148	33.6	26.7	5g	D5	78341	79045	67.2	53.8	4g
D6	78303	79145	24.5	16.8	5g	D6	78329	79042	50.8	37.8	4g
D7	78291	79142	18.8	12.3	5g	D7	78317	79039	22.9	15.2	4g
D8	78279	79139	20.6	14.6	5g	D8	78305	79036	19.9	14.2	4g
D9	78267	79136	32.8	26.2	5g	D9	78293	79033	43.3	30.3	4g
D10	78255	79133	29.3	23.1	5g	D10	78281	79030	36.9	26.5	4g
D11	78243	79130	17.6	13	5g	D11	78268	79027	57.5	39.7	4g
D12	78231	79126	26.2	19.1	5g	D12	78256	79024	58.1	40	4g
D13	78218	79123	39	30.4	5g	D13	78244	79021	74.8	56.8	4g
E1	78367	79148	74.3	60.7	5g	E1	78393	79045	70.1	50.8	4g
E2	78355	79145	46.9	32.3	5g	E2	78381	79042	77.2	54.4	4g
E3	78343	79142	72.4	56.5	5g	E3	78368	79039	61.6	43.5	4g
E4	78331	79139	70.6	59.7	5g	E4	78356	79036	28.5	18.7	4g
E5	78319	79136	40.2	28.2	5g	E5	78344	79033	61.7	43.1	4g
E6	78306	79133	24.1	15.2	5g	E6	78332	79030	32.3	22.3	4g
E7	78294	79130	18.3	11.9	5g	E7	78320	79027	15.2	10.8	4g
E8	78282	79127	15.3	11.2	5g	E8	78308	79024	11.2	7.8	4g
E9	78270	79123	16	12.8	5g	E9	78296	79021	21.9	14.5	4g
E10	78258	79120	24.8	17.5	5g	E10	78284	79018	49.5	37.6	4g
E11	78246	79117	20.7	13.4	5g	E11	78271	79015	23.1	16	4g
E12	78234	79114	22.3	18.1	5g	E12	78259	79012	56	37.3	4g
E13	78221	79111	28.8	21	5g	E13	78247	79009	62.5	47.3	4g

Données brutes: N1-2D-3g: horizon 0-10 cm (1998)

Numéro	Rigole	Localisation (m)		Conductimètre EM38 (mS/m)		pH	CE (µS/cm)	Sables (%)
		X	Y	CEM-V	CEM-H			
B2	5d	78333	79233	25.4	17.6	5.72	190	61.1
B4	5d	78308	79227	83.8	60.1	7.28	560	43.1
B6	5d	78284	79221	27	21.7	5.5	110	52.6
B8	5d	78260	79215	84.2	63.4	6.62	1600	40.7
B10	5d	78236	79209	86.3	60.8	7.1	900	44.7
B12	5d	78211	79203	59.1	44.4	6.06	130	59.2
D2	5d	78339	79209	76.1	53	5.45	820	46.7
D4	5d	78314	79203	85.3	62.6	6.7	620	52.7
D6	5d	78290	79197	72.4	54.3	6.06	170	52.9
D8	5d	78266	79191	65.6	44.3	5.39	90	29.3
D10	5d	78242	79185	89.3	59.6	6.4	200	53.2
D12	5d	78217	79179	51.9	34.6	5.35	90	66.6
B2	5g	78346	79181	41.2	30.9	9.4	265	81.5
B4	5g	78322	79175	55.5	41.7	8.35	210	80.8
B6	5g	78297	79169	53	37.6	5.6	130	72.9
B8	5g	78273	79163	64.4	49	9.2	150	65.7
B10	5g	78249	79157	18.1	12.3	6.7	110	73.4
B12	5g	78225	79151	40.4	28.2	7.2	120	79.8
D2	5g	78352	79157	48.5	37.5	7.02	180	79.0
D4	5g	78328	79151	43.7	29.4	5.72	160	76.3
D6	5g	78303	79145	24.5	16.8	8.4	175	76.1
D8	5g	78279	79139	20.6	14.6	6.9	190	66.5
D10	5g	78255	79133	29.3	23.1	8.42	210	69.0
D12	5g	78231	79126	26.2	19.1	7.92	220	77.3
B2	4d	78358	79131	38.1	25.7	6.68	150	68.5
B4	4d	78334	79125	47	37.1	7.74	290	70.7
B6	4d	78310	79119	49.2	38.2	8.55	300	37.8
B8	4d	78286	79113	61.8	47.7	6.14	860	44.4
B10	4d	78261	79107	29.4	19.9	5.7	125	50.6
B12	4d	78237	79101	27.7	18.8	7.82	500	49.3
D2	4d	78364	79107	47.3	37	6.6	185	67.8
D4	4d	78340	79101	47.1	38.5	6.6	185	69.9
D6	4d	78316	79095	24.8	16	4.86	100	68.4
D8	4d	78292	79088	43.9	29.1	4.7	110	43.4
D10	4d	78267	79082	52.9	36.1	5.06	100	43.4
D12	4d	78243	79076	39.9	26.8	5.39	140	55.9
B2	4g	78371	79079	18.7	20.3	7.1	170	73.6
B4	4g	78347	79073	17	8.5	4.55	66	57.3
B6	4g	78323	79067	13.2	5.5	7.35	170	68.5
B8	4g	78299	79061	12.1	7	5.3	72	47.1
B10	4g	78274	79054	12.5	16	5.7	105	53.3
B12	4g	78250	79048	16.9	8.7	4.85	86	34.3
D2	4g	78378	79054	66.4	54	6.26	150	75.8
D4	4g	78353	79048	55.4	37.7	6.25	255	61.6
D6	4g	78329	79042	50.8	37.8	8.62	440	54.3
D8	4g	78305	79036	19.9	14.2	5.01	70	59.4
D10	4g	78281	79030	36.9	26.5	7.74	260	41.2
D12	4g	78256	79024	58.1	40	6.76	180	33.3

Données brutes: N1-2D-3g: horizon 20-30 cm (1998)

Numéro				Cylindre non	Infiltromètre à		Perméamètre de	
	pH	CE (µS/cm)	Sables(%)	remanié	suction contrôlée		Guelph (cm/min)	
				Densité ap.	Ks (m/s)	alpha	H=5cm	H=10 cm
B2	7.5	120	58.8	1.85	1.6E-06	10.14	1.45	4.5
B4	8.69	400	36.8	1.80	6.6E-07	3.50	0.7	1.57
B6	7.06	140	52.0	1.98	4.0E-07	3.74		
B8	8.6	560	24.8	1.86	1.3E-06	6.19	0.57	0.68
B10	8.61	300	35.3	1.92	6.0E-07	5.75	0.25	0.8
B12	7.65	140	64.7	1.93	5.5E-08	0.75	0.58	1.3
D2	8.08	400			3.7E-07	0.92	0.2	1.97
D4	8.07	440		1.84	9.3E-08	2.03	0.3	0.5
D6	8.01	150		1.93	4.1E-07	2.77	0.13	0.25
D8	7.54	110		1.74	3.5E-07	3.56	0.37	0.63
D10	8.15	340		1.74	3.8E-07	3.23	0.43	0.57
D12	6.7	32		1.85	2.7E-07	4.90	2.83	
B2	8.96	115	78.8	1.87	1.5E-06	5.58	0.73	0.89
B4	9.82	180	78.7	1.96	5.1E-08	1.19	0.08	0.08
B6	8.68	150	70.7	1.94	2.7E-07	3.50	0.13	0.45
B8	6.85	160	64.9	1.87	9.8E-08	2.23		
B10	6.4	50	69.9	2.01	1.0E-07	2.34	1.28	1.07
B12	8.1	115	76.8	2.06	9.0E-07	3.30	0.47	1.4
D2	8.6	165	66.7	1.91	4.3E-07	6.35		
D4	8.58	155	75.0		3.2E-07	2.96		
D6	7.82	60	78.7	1.96	9.7E-07	3.07	0.43	0.57
D8	7.6	64	76.8	1.80	4.1E-07	4.88	0.13	1.18
D10	7.55	92	68.9	1.96	1.3E-06	6.39	2.33	2.72
D12	7.91	42	79.6	1.96	8.0E-07	3.15	0.1	0.33
B2	8.8	180	63.1	2.03	2.6E-07	4.33		
B4	9.7	260	63.2	1.96	3.3E-07	2.06		
B6	7.2	280	41.3		1.2E-06	6.71		
B8	7.4	820	51.6		6.7E-07	3.07		
B10	6.2	125	62.7	1.68	6.0E-07	2.70		
B12	8.7	240	40.1	1.82	1.9E-07	4.57	1.37	1.65
D2	8.25	220		1.98	5.1E-07	3.26		
D4	8.45	180	66.9	1.92	1.5E-07	1.89		
D6	6.48	110	63.3	1.72	2.4E-07	4.00	0.25	
D8	6.1	135	34.5	1.79	1.0E-07	3.68	1.58	0.62
D10	7.1	150	39.2	1.80	2.5E-07	1.85	0.32	
D12	7.08	130	55.8	1.79	1.9E-07	3.00		
B2	9.31	240	57.2	1.68	4.6E-07	4.06		
B4	6.72	78	46.6	1.84	3.2E-07	3.61	0.53	1.12
B6	7.45	76	71.5	1.92	8.4E-07	4.19	2.02	3.4
B8	6.1	70	41.5	1.88	3.8E-07	2.47		
B10	6.08	110	29.7	1.83	5.2E-08	1.39		
B12	6.9	84	47.4	2.00	9.8E-08	1.99		
D2	9.15	220	60.8	1.92	1.9E-07	1.54		
D4	7.22	150	50.7	1.80	7.7E-07	3.40	1.07	3.82
D6	8.88	300	47.0	1.66	8.9E-07	3.32		
D8	6.45	80	53.2	1.72	9.6E-07	3.83		
D10	7.93	94	38.3	1.82	5.3E-08	0.92		
D12	7.8	170	30.3	1.54	8.5E-07	3.17		

Annexe 4.4.: Arroseur N1-2g: Données brutes

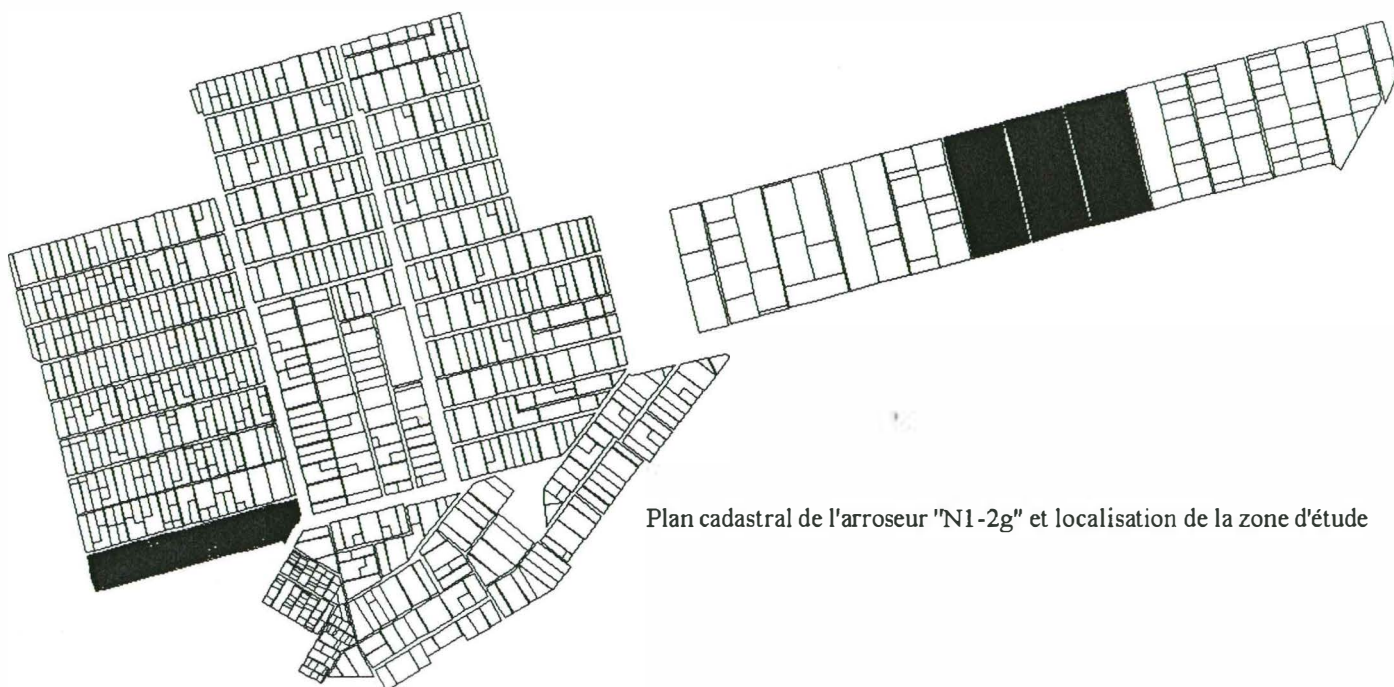
Numéro	Localisation (ON)		Altitude (m-centrée	Sables totaux (%)			pH 2h (-)			pH 24h (-)			CE 2 h (µS/cm)			CE 24 h (µS/cm)		
	X (m)	Y (m)		20 cm	70 cm	120 cm	20 cm	70 cm	120 cm	20 cm	70 cm	120 cm	20 cm	70 cm	120 cm	20 cm	70 cm	120 cm
6d-1	77236	78379	-0.02	55.1	26.7	25.6	6.73	4.97	5.28	6.31	4.59	5.32	130	50	18	150	48	20
6d-2	77214	78373	0.03	46.3	32.5	31.6	6.25	6.1	6.86	5.54	5.68	6.73	40	26	240	40	28	260
6d-3	77193	78368	-0.02	40.1	27.5	23.6	6.32	5.7	5.68	5.77	5.41	5.59	110	30	24	120	30	26
6d-4	77225	78418	0.02	66.3	36.2	34.0	6.6	6.14	6.39	6.00	5.78	6.26	76	36	38	82	38	44
6d-5	77204	78412	-0.01	43.8	27.8	25.0	6.41	5.3	4.92	5.70	5.02	4.87	64	36	50	72	38	48
6d-6	77183	78406	0.02	46.4	32.3	26.7	6.6	6.56	7.58	5.95	6.31	7.35	84	60	120	86	66	140
6d-7	77214	78456	-0.04	44.4	33.2	21.4	8.54	7.89	7.91	7.98	7.60	7.69	260	240	240	320	220	280
6d-8	77193	78451	-0.04	31.0	26.8	20.8	6.54	7.08	7.51	5.97	6.84	7.31	180	90	100	190	100	120
6d-9	77172	78445	0.02	29.8	22.8	25.3	8.15	7.72	7.75	7.61	7.51	7.58	220	100	130	380	110	150
6d-10	77204	78495	-0.02	33.8	26.2	26.9	8.55	8.11	8.06	8.04	7.90	7.87	520	230	260	560	280	300
6d-11	77183	78489	0.01	31.2	28.0	25.4	6.93	6.09	7.87	6.40	5.97	7.08	190	54	80	210	56	96
6d-12	77161	78483	-0.02	24.7	23.0	19.1	8.32	7.8	7.82	7.78	7.67	7.63	260	160	200	310	210	230
6d-13	77193	78533	0.03	26.0	20.8	22.3	7.76	7.58	7.74	7.18	7.34	7.57	130	84	140	180	100	160
6d-14	77172	78528	0.01	36.9	32.2	29.1	6.89	5.58	5.45	6.36	5.44	5.36	82	30	38	94	36	42
6d-15	77151	78522	-0.02	42.4	32.9	31.0	6.41	5.12	5.06	5.91	5.07	4.96	38	28	24	48	26	28
6d-16	77184	78566	-0.06	33.8	28.5	26.9	6.25	6.28	6.83	5.75	6.17	6.81	46	48	70	46	50	84
6d-17	77163	78560	0.00	34.3	27.3	25.6	7.24	7.51	7.62	6.69	7.34	7.46	130	100	240	140	120	280
6d-18	77142	78555	0.03	42.1	30.7	28.9	6.33	5.53	7.15	6.00	5.50	7.03	54	74	200	60	76	250
6g-1	77186	78366	-0.09	39.2	39.9	43.0	6.5	7.31	7.38	6.61	7.26	7.32	50	210	130	60	240	170
6g-2	77165	78360	-0.00	29.5	24.1	20.0	7.07	7.36	7.56	6.85	7.27	7.46	130	150	170	150	180	220
6g-3	77144	78354	-0.02	51.0	27.4	32.0	6.52	6.11	5.46	6.23	5.97	5.43	56	48	30	44	52	30
6g-4	77176	78404	-0.01	37.7	24.7	24.6	6.41	7.23	7.27	6.16	7.16	7.21	66	170	130	86	180	150
6g-5	77155	78398	0.02	34.4	25.4	22.5	6.32	6.21	7.07	6.14	6.08	6.89	60	46	76	70	50	98
6g-6	77133	78393	-0.03	37.9	28.1	21.2	5.62	5.75	6.72	5.66	5.58	6.56	90	36	66	120	40	80
6g-7	77165	78443	0.03	29.7	22.9	20.9	7.86	7.26	7.43	7.68	7.17	7.32	140	110	160	160	130	200
6g-8	77144	78437	-0.03	39.9	31.8	26.0	6.34	5.72	5.84	6.09	5.58	5.76	50	40	38	60	40	42
6g-9	77123	78431	-0.05	34.1	35.6	28.7	6.26	6.77	7.28	6.10	6.66	7.14	82	54	110	100	64	140
6g-10	77155	78481	0.11	29.7	26.7	22.4	7.36	7.71	7.6	7.25	7.60	7.52	460	110	140	480	130	160
6g-11	77133	78476	0.02	31.8	26.9	24.2	5.7	4.88	5.16	5.54	4.81	5.03	68	64	26	76	68	30
6g-12	77112	78470	0.04	45.3	27.8	26.2	7.68	7.23	7.49	7.62	7.29	7.47	220	170	200	380	200	230
6g-13	77144	78520	-0.04	40.9	28.1	23.7	6.58	5.23	5.02	6.44	5.07	4.24	66	20	30	78	22	32
6g-14	77123	78514	-0.05	37.0	30.3	26.8	6.09	5.48	5.39	5.98	5.32	5.27	40	28	26	50	30	28
6g-15	77102	78508	0.04	38.8	36.1	33.4	8.46	8.02	8.08	8.34	7.94	8.03	440	260	240	460	240	260
6g-16	77135	78553	-0.02	27.1	24.5	23.9	6.64	6	6.85	6.47	5.77	6.70	62	28	62	72	22	76
6g-17	77114	78547	0.02	38.1	31.1	29.3	5.94	5.55	5.13	5.82	5.44	5.18	72	34	24	60	38	22

Annexe 4.4.: Arroseur N1-2g: Données brutes

6g-18	77093	78541	0.01	42.7	32.2	27.6	6.35	5.56	5.72	6.32	5.41	5.62	160	34	44	190	36	48
7d-1	77139	78353	-0.01	50.2	38.4	39.0	6.65	6.37	6.04	6.61	6.30	5.05	110	44	35	180	44	35
7d-2	77118	78347	0.09	50.0	26.2	26.1	6.62	5.28	5.2	6.46	5.25	4.29	150	34	20	150	30	24
7d-3	77097	78341	0.06	62.1	44.8	45.1	6.78	5.53	5.64	6.66	5.57	4.61	82	28	21	90	24	24
7d-4	77129	78391	-0.11	25.7	25.9	21.3	5.97	5.01	4.73	5.93	5.02	4.22	70	46	120	72	44	120
7d-5	77107	78385	0.02	42.6	28.1	26.2	6.86	7.19	7.12	6.72	6.98	6.58	180	82	170	190	90	185
7d-6	77086	78380	0.02	52.6	47.2	41.4	7.47	6.7	7.01	7.25	6.57	6.48	60	86	100	200	100	120
7d-7	77118	78430	-0.02	32.1	20.3	21.9	7.99	7.92	7.75	7.80	7.75	7.25	320	230	200	360	230	220
7d-8	77097	78424	-0.02	27.0	23.5	21.1	6.49	6.08	7.18	6.39	5.98	6.52	98	76	110	100	74	130
7d-9	77076	78418	0.04	37.9	30.5	23.8	6.65	7.56	7.83	6.56	7.41	7.32	100	100	220	130	120	250
7d-10	77107	78468	-0.02	41.9	36.0	31.2	7.07	5.53	5.66	6.94	5.53	6.13	150	48	100	160	46	110
7d-11	77086	78463	0.01	25.3	20.2	18.4	8.39	8.09	7.84	8.26	7.93	7.47	400	180	210	400	200	225
7d-12	77065	78457	0.05	46.5	42.0	37.3	7.31	7.93	7.91	7.14	7.74	7.40	120	230	205	140	240	210
7d-13	77097	78507	0.03	40.8	34.1	33.4	8.54	8.03	8.02	8.36	7.91	7.56	300	270	270	320	270	285
7d-14	77076	78501	0.04	53.3	40.5	40.7	6.15	5.22	5.46	6.07	5.28	4.80	90	40	34	100	36	32
7d-15	77054	78495	0.04	43.0	26.4	18.9	8.48	8.01	7.98	8.31	7.88	7.56	420	250	300	420	260	300
7d-16	77088	78540	0.05	43.1	23.3	22.3	7.45	6.43	7.01	7.30	6.42	6.50	440	120	230	500	120	250
7d-17	77067	78534	0.01	35.2	21.5	24.6	5.8	5.04	5.38	5.72	5.03	4.71	42	46	21	40	52	20
7d-18	77045	78528	0.08	37.4	26.6	20.9	6.79	7.63	7.62	6.68	7.52	7.28	150	160	220	180	18	255
7g-1	77090	78339	0.05	64.2	38.8	44.2	6.53	5.3	5.35	6.04	4.97	5.03	59	20	26	58	18	26
7g-2	77069	78333	0.09	70.2	44.2	44.5	6.54	6.28	6.13	5.88	6.11	5.82	40	50	80	40	46	32
7g-3	77048	78328	0.09	65.6	46.6	51.4	6.5	5.4	6.15	5.92	5.15	5.82	50	20	20	50	20	20
7g-4	77079	78378	-0.07	60.9	52.1	51.9	6.75	5.72	5.84	6.47	5.40	5.65	79	34	42	79	32	26
7g-5	77058	78372	-0.06	59.1	38.8	46.8	6.25	6.08	6.31	5.63	5.84	6.04	39	30	44	36	26	44
7g-6	77037	78366	0.03	57.2	31.2	34.6	7.11	6.14	6.44	6.64	5.95	6.17	210	40	62	250	42	56
7g-7	77069	78416	-0.08	33.9	27.0	22.2	6.02	5.07	5.33	5.53	4.95	5.14	43	24	30	46	24	26
7g-8	77048	78411	-0.04	36.4	26.6	21.1	5.74	4.92	5.08	5.33	4.81	4.85	60	34	32	48	34	30
7g-9	77026	78405	-0.02	49.4	43.4	47.9	6.58	7.43	7.75	6.18	7.32	7.48	110	170	190	100	200	200
7g-10	77058	78455	-0.04	48.5	39.4	34.4	7.45	7.31	7.15	7.10	7.17	6.94	210	160	94	220	170	100
7g-11	77037	78449	-0.03	53.3	33.5	33.0	6.58	5.36	5.55	6.25	5.22	5.22	240	30	26	260	26	28
7g-12	77016	78443	-0.08	30.2	28.0	23.2	6.29	6.95	7.52	5.95	6.76	7.20	60	84	80	50	86	90
7g-13	77048	78493	-0.04	33.7	31.0	25.9	8.78	8.13	8.04	8.58	7.96	7.87	720	320	280	760	300	280
7g-14	77026	78488	0.03	40.7	25.2	21.8	6.5	5.29	5.97	6.10	5.13	5.72	200	38	48	180	36	48
7g-15	77005	78482	-0.00	44.3	34.8	25.4	6.76	5.93	6.52	6.29	5.83	6.32	56	66	130	150	66	130
7g-16	77039	78526	0.08	29.8	29.9	18.0	8.39	7.79	7.81	8.14	7.64	7.61	280	190	300	300	200	300
7g-17	77017	78520	-0.01	25.6	29.3	20.7	7.88	7.95	7.81	7.51	7.83	7.59	240	240	230	210	260	200
7g-18	76966	78515	-0.02	33.5	30.0	23.9	6.05	6.14	5.76	5.68	5.92	5.55	120	40	48	110	38	48

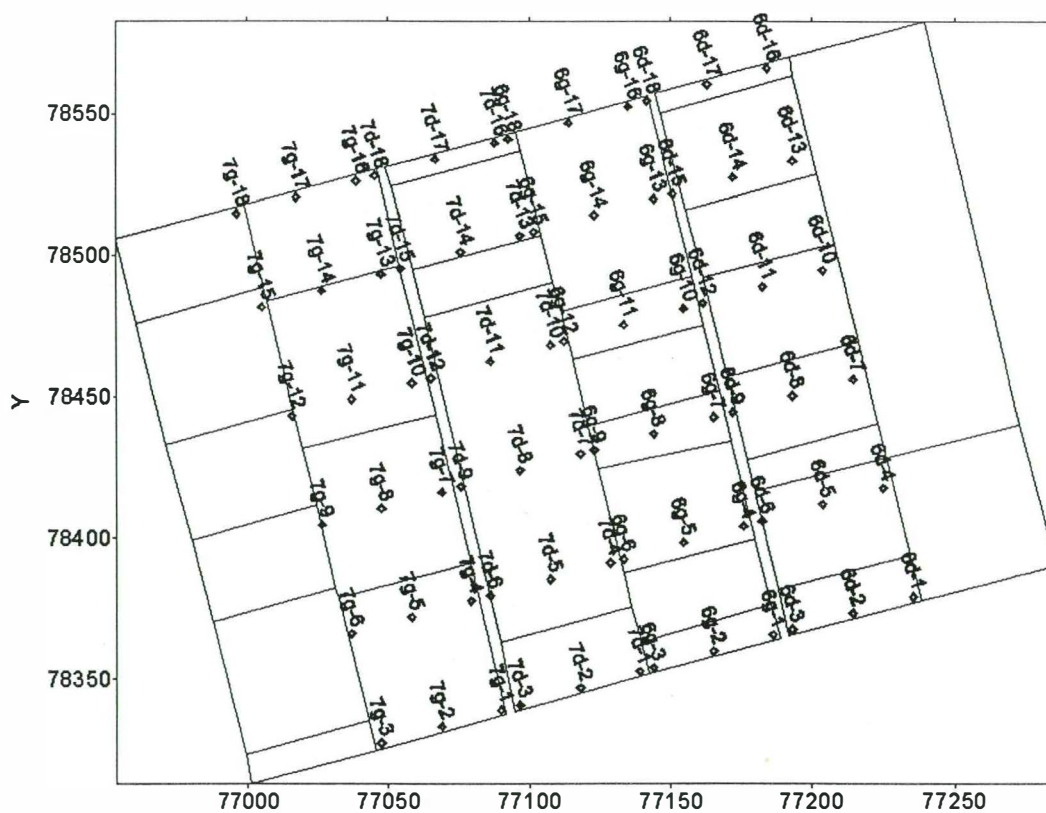
Arroseur N1-2g: localisation des prélèvements

Plan cadastral du village "N1" et localisation de l'arroseur "N1-2g"



Plan cadastral de l'arroseur "N1-2g" et localisation de la zone d'étude

Localisation des prélèvements



Annexe 4.5.: Arroseur N1-8d: Données brutes

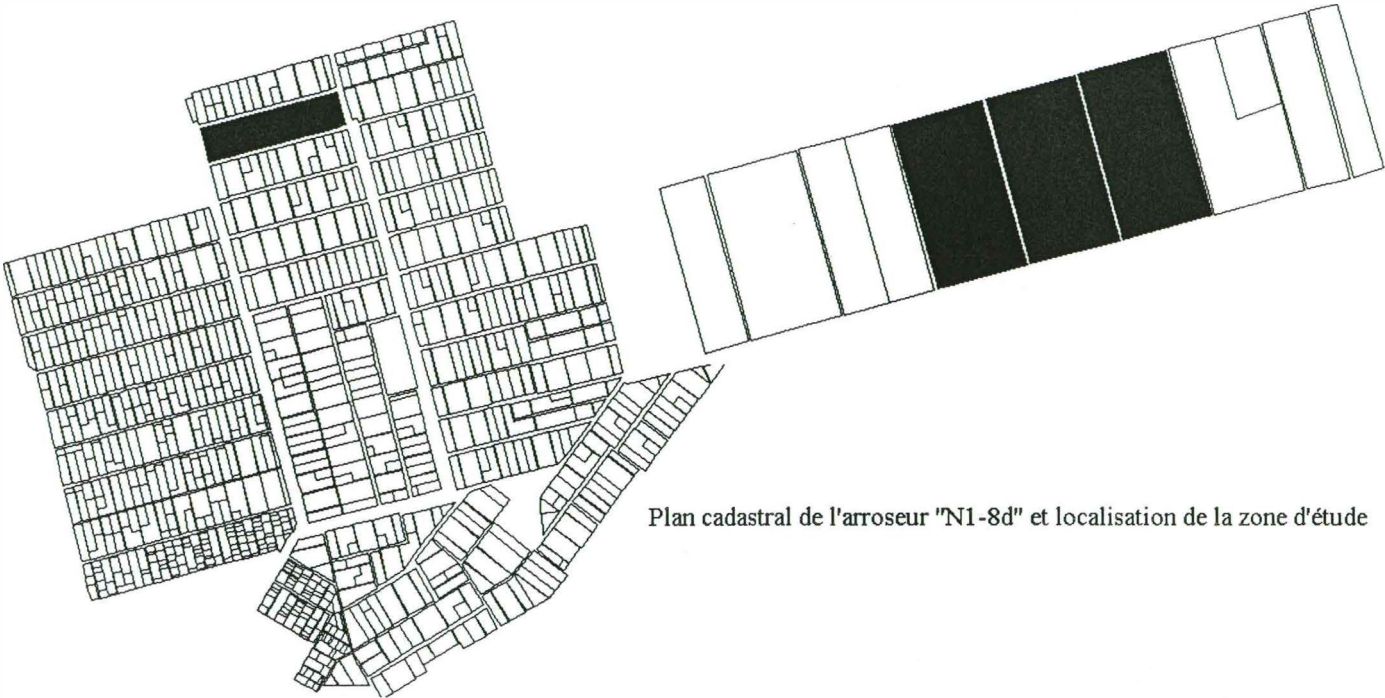
Numéro	Localisation (ON)		Altitude (m-centré)	Sables totaux (%)			pH 2h (-)			pH 24h (-)			CE 2h (µS/cm)			CE 24h (µS/cm)		
	X (m)	Y (m)		20 cm	70 cm	120 cm	20 cm	70 cm	120 cm	20 cm	70 cm	120 cm	20 cm	70 cm	120 cm	20 cm	70 cm	120 cm
4d-1	77569	80646	0.11	26.5	26.7	23.9	8.02	7.69	8.07	7.92	7.68	7.84	210	390	115	250	460	145
4d-2	77592	80652	0.16	30.0	27.7	13.8	8.05	8.04	8.32	7.98	8.02	8.22	300	200	120	340	270	125
4d-3	77614	80658	0.12	43.0	28.1	17.6	6.66	5.03	8.17	7.20	6.13	8.03	150	46	120	250	48	141
4d-4	77559	80682	0.12	36.6	33.3	22.8	7.56	7.17	6.29	7.45	6.76	6.30	250	160	35	275	180	40
4d-5	77582	80688	0.04	27.6	52.9	30.8	7.01	6.73	7.38	6.80	6.50	7.30	130	90	52	140	110	58
4d-6	77604	80694	0.04	46.0	38.3	38.9	8.08	7.77	8.24	7.98	7.49	7.67	290	340	190	330	400	140
4d-7	77549	80719	0.01	44.7	34.8	30.1	6.7	7.63	8.03	6.49	7.35	7.99	110	160	86	120	180	90
4d-8	77572	80725	-0.05	56.3	47.2	44.8	6.75	6.73	7.3	6.55	6.66	7.33	100	64	42	100	74	42
4d-9	77594	80731	-0.11	30.4	31.7	29.2	7.21	7.96	8.35	6.50	7.78	8.23	210	280	230	150	300	260
4d-10	77539	80756	-0.05	31.3	30.7	27.1	6.58	7.6	8.13	6.50	7.54	8.09	220	150	82	280	175	250
4d-11	77562	80762	-0.03	32.3	31.8	24.1	8.05	8.3	8.32	7.97	8.16	8.18	300	460	215	340	500	230
4d-12	77584	80768	-0.07	26.4	24.5	25.5	7.73	7.76	8.02	7.61	7.65	8.01	300	320	170	300	380	250
4d-13	77530	80792	0.05	22.8	20.9	15.8	7.96	8.51	8.58	7.85	8.42	8.49	500	600	320	600	640	400
4d-14	77552	80798	-0.05	24.7	22.2	20.9	8	8.18	8.3	8.01	8.08	8.17	320	460	190	380	500	215
4d-15	77574	80804	-0.08	25.3	27.6	21.2	8.05	8.2	8.38	8.03	8.14	8.25	490	380	225	540	400	260
4d-16	77520	80827	-0.03	43.1	33.8	26.9	8.37	8.62	8.75	8.35	8.54	8.66	400	600	300	480	680	320
4d-17	77542	80833	-0.14	60.6	49.6	51.3	8.08	7.54	7.86	7.91	7.41	7.66	170	100	65	200	120	70
4d-18	77564	80839	-0.09	25.0	22.9	25.1	6.83	7.53	7.86	6.76	7.45	7.76	200	120	130	230	135	165
4g-1	77518	80632	0.06	37.6	26.6	27.1	6.23	5.31	6.39	6.09	4.79	6.04	70	45	300	49	30	60
4g-2	77540	80638	0.08	31.1	29.0	17.3	7.52	7.76	7.67	7.41	7.46	7.45	290	175	180	220	125	130
4g-3	77562	80644	0.13	25.7	26.4	26.5	7.93	8.08	7.99	7.76	7.80	7.78	300	340	450	230	290	300
4g-4	77508	80668	0.10	36.7	26.3	15.3	7.41	6.06	7.58	7.08	5.68	7.36	149	88	360	120	60	295
4g-5	77530	80674	0.04	42.9	37.9	36.6	7.38	8.18	8.07	7.17	7.95	7.88	62	300	300	149	250	260
4g-6	77552	80680	0.13	41.9	30.3	26.1	7.58	8	8.09	7.34	7.79	7.93	240	280	370	175	220	300
4g-7	77498	80705	0.08	18.2	18.5	12.6	7.81	8.09	8.12	7.59	7.86	7.98	250	300	560	200	250	420
4g-8	77520	80711	0.06	29.6	29.4	24.3	7.89	8.08	7.91	7.72	7.89	7.75	275	290	300	195	225	215
4g-9	77542	80717	0.05	31.7	28.0	30.2	8.2	8.39	8.28	8.07	8.24	8.11	340	440	660	280	300	460
4g-10	77488	80742	0.01	30.9	35.9	23.3	8.3	8.64	8.49	8.11	8.46	8.25	500	700	720	390	500	520
4g-11	77510	80748	-0.01	32.3	32.0	31.2	7.09	8.29	8.06	6.82	8.14	7.98	270	380	470	205	300	325
4g-12	77532	80754	0.06	26.0	22.6	23.5	7.32	7.66	7.5	7.02	7.41	7.32	250	170	300	185	120	200
4g-13	77478	80778	0.00	28.0	29.4	24.9	6.69	7.48	7.49	6.29	7.48	7.33	540	190	145	115	130	100
4g-14	77500	80784	0.03	25.5	38.3	25.7	7.09	5.39	7.52	6.62	5.36	7.33	110	62	150	80	40	110
4g-15	77522	80790	0.04	20.3	21.6	17.7	8.23	8.21	7.92	7.97	8.04	7.74	350	380	350	300	320	300
4g-16	77469	80813	-0.01	26.4	31.1	24.9	7.15	5.74	7.33	6.78	5.52	7.15	200	110	152	149	720	105
4g-17	77491	80819	-0.02	32.1	24.2	19.0	7.81	7.94	7.97	7.49	7.77	7.71	400	320	330	300	290	290

Annexe 4.5.: Arroseur N1-8d: Données brutes

4g-18	77513	80825	-0.01	34.1	27.0	25.6	7.75	8.21	7.93	7.46	8.06	7.81	360	400	370	290	300	300
5d-1	77671	80672	0.17	36.9	38.3	26.3	7.35	7.67	8.41	7.15	7.32	8.57	150	150	640	150	150	700
5d-2	77693	80678	0.15	32.8	30.7	28.1	8.07	7.76	7.78	8.00	7.58	8.10	290	230	230	300	230	240
5d-3	77715	80684	0.06	26.6	17.1	41.1	8.08	8.56	8.27	8.02	8.69	8.43	500	600	520	580	680	540
5d-4	77661	80709	0.10	56.6	43.8	19.9	7.31	8.05	8.48	7.17	8.23	8.64	260	150	700	330	248	750
5d-5	77683	80715	0.07	34.2	24.4	24.3	7.92	7.95	7.43	7.85	8.09	7.76	360	250	180	400	270	200
5d-6	77705	80721	0.01	21.5	25.5	33.1	8.13	8.37	7.49	8.06	8.58	7.83	420	460	120	460	520	120
5d-7	77651	80745	0.08	9.9	28.1	31.9	7.73	7.77	7.55	7.55	7.96	7.92	720	210	150	800	250	170
5d-8	77673	80751	-0.08	3.2	50.5	56.8	8.4	6.64	6.71	8.33	6.93	7.13	300	74	110	310	120	120
5d-9	77695	80757	-0.03	28.7	25.2	33.7	8.2	7.73	7.64	8.09	7.84	7.92	490	300	290	500	340	440
5d-10	77641	80782	-0.01	30.0	26.6	24.0	7.96	8.4	8.12	7.88	8.50	8.32	260	500	500	280	600	500
5d-11	77663	80788	-0.03	34.6	15.3	16.6	7.25	8.23	7.94	7.03	8.32	8.15	140	420	400	150	480	420
5d-12	77685	80794	0.01	36.1	33.6	32.4	8.01	8.68	8.57	7.82	8.82	9.31	300	900	940	320	980	950
5d-13	77631	80819	-0.12	30.8	31.8	29.4	6.3	6.98	7.64	6.21	6.72	7.49	160	170	54	170	185	62
5d-14	77653	80825	-0.18	31.1	28.0	14.5	6.52	5.54	6.17	6.32	5.26	6.12	90	50	20	90	48	26
5d-15	77676	80831	-0.17	27.7	25.0	16.1	5.83	5.41	7.22	5.70	5.09	7.05	70	50	50	65	46	55
5d-16	77622	80853	-0.23	32.1	32.5	46.2	6.43	6.46	7.2	6.50	5.93	6.92	88	80	39	96	67	39
5d-17	77644	80859	-0.17	10.3	25.1	18.8	7.79	7.98	8.28	7.80	7.90	8.10	260	400	210	320	400	240
5d-18	77666	80865	-0.11	15.6	13.5	10.7	6.84	7.43	7.76	6.56	7.30	7.67	240	160	100	280	170	290
5g-1	77619	80658	0.11	39.7	20.8	27.1	6.91	4.69	4.93	6.98	5.04	5.20	240	60	62	200	40	48
5g-2	77642	80664	0.06	36.3	35.8	32.8	7.09	6.46	6.47	7.10	6.85	6.76	240	82	340	198	60	86
5g-3	77664	80670	0.13	29.8	23.6	18.4	8.12	8.26	8.13	8.12	8.40	8.36	600	490	700	490	350	510
5g-4	77610	80695	-0.00	42.4	36.5	34.4	7.08	6.14	6.45	7.03	6.33	6.76	195	76	90	150	52	62
5g-5	77632	80701	0.06	27.6	22.0	26.7	7.98	7.88	7.57	7.95	8.06	7.90	420	340	450	320	300	320
5g-6	77654	80707	0.10	28.9	21.9	24.5	7.58	8.32	8.18	7.58	8.44	8.38	515	420	540	400	305	410
5g-7	77600	80732	-0.05	27.8	29.2	27.6	6.34	7.18	7.16	6.35	7.37	7.44	154	135	190	115	100	140
5g-8	77622	80738	0.04	26.6	23.7	11.3	7.44	8.32	8.33	7.32	8.46	8.53	380	640	960	300	460	700
5g-9	77644	80744	0.06	22.1	18.9	18.6	7.81	8.35	8.18	7.84	8.48	8.41	360	440	700	300	300	530
5g-10	77590	80768	-0.13	25.2	23.1	21.2	7.89	8.1	7.91	7.83	8.19	8.10	400	505	460	290	360	330
5g-11	77612	80774	-0.13	43.2	37.5	31.8	7.96	7.38	7.27	7.90	7.56	8.39	240	180	300	198	165	520
5g-12	77634	80780	0.04	50.8	19.8	22.2	8.02	8.26	8.05	8.02	8.38	8.54	400	500	550	300	360	700
5g-13	77580	80805	-0.07	25.8	22.5	22.7	8.22	8.04	7.75	8.23	8.13	7.45	485	500	400	340	360	135
5g-14	77602	80811	-0.04	20.7	22.5	16.9	8.22	8.01	7.63	8.17	8.11	7.76	450	360	360	330	290	340
5g-15	77624	80817	-0.04	14.5	19.1	21.8	8.16	7.66	7.58	8.18	7.76	7.76	320	300	400	270	225	800
5g-16	77571	80840	-0.13	33.2	32.7	30.9	7.69	7.22	7.25	7.72	7.45	7.55	190	160	380	449	125	300
5g-17	77593	80846	-0.13	25.8	24.5	22.0	7.98	7.61	7.54	7.95	7.75	7.79	400	360	400	300	300	305
5g-18	77615	80852	-0.13	25.8	21.2	19.7	7.53	7.63	7.49	7.53	7.85	7.75	470	420	485	360	320	370

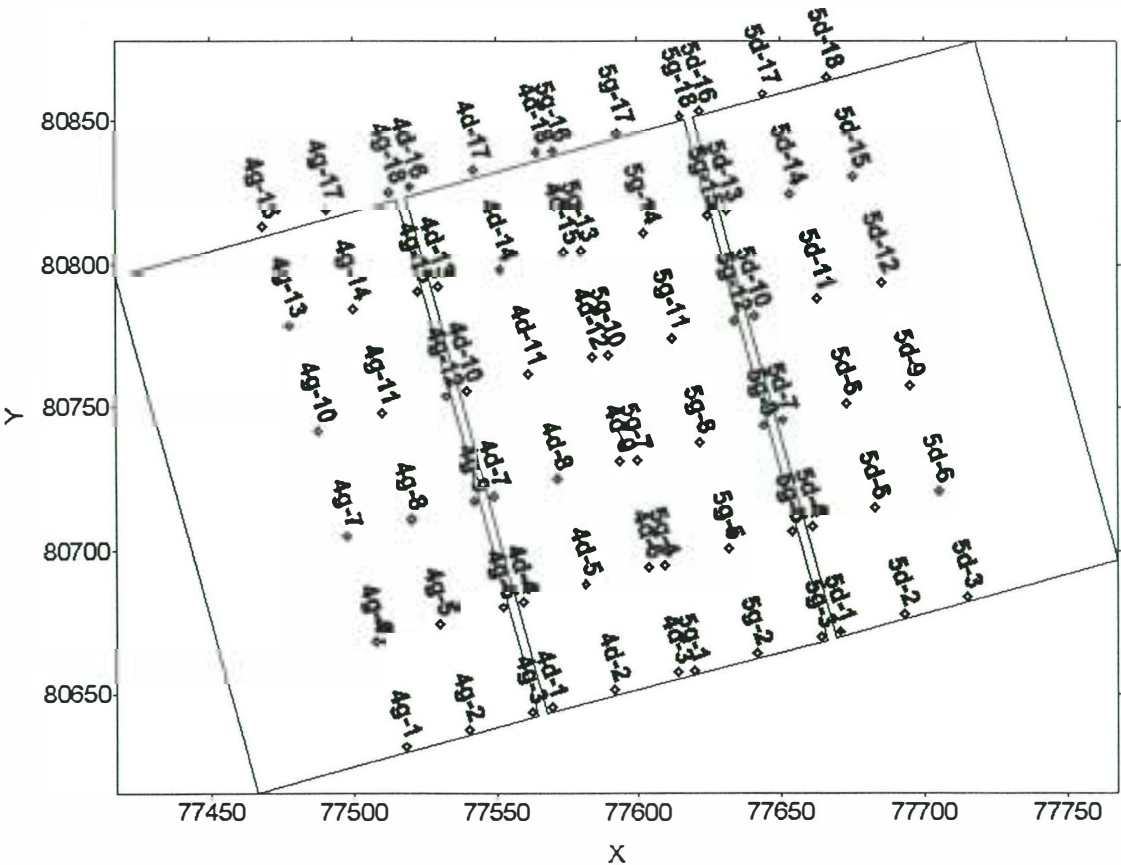
Arroseur N1-8d: localisation des prélèvements

Plan cadastral du village "N1" et localisation de l'arroseur "N1-8d"



Plan cadastral de l'arroseur "N1-8d" et localisation de la zone d'étude

Localisation des prélèvements



Référentiel Office du Niger		Altitude	Conductivité électromagnétique	
Localisation			(EM38-mS/m)	
X (m)	Y (m)	(mètres)	Verticale	Horizontale
79825	82378	295.46	48	33
79830	82359	295.46	88	65
79839	82361	295.46	94	70
79836	82339	295.47	90	66
79855	82345	295.46	50	38
79841	82320	295.48	88	68
79861	82325	295.48	72	50
79871	82328	295.36	72	48
79847	82301	295.35	42	30
79866	82306	295.40	42	30
79885	82312	295.37	56	42
79852	82282	295.41	50	36
79871	82287	295.51	80	54
79891	82292	295.51	72	58
79905	82296	295.49	72	52
79858	82262	295.51	36	28
79877	82268	295.42	62	42
79896	82273	295.45	66	44
79915	82279	295.40	60	44
79863	82243	295.43	60	40
79882	82248	295.48	62	42
79901	82254	295.50	66	50
79866	82231	295.51	54	38
79881	82236	295.47	68	52
79814	82395	295.41	44	26
79819	82376	295.21	56	42
79825	82357	295.24	72	52
79830	82338	295.28	74	58
79835	82318	295.18	48	40
79841	82299	295.21	62	46
79846	82280	295.31	64	42
79852	82261	295.31	40	28
79857	82241	295.32	46	36
79860	82232	295.33	40	30
79795	82390	295.25	68	50
79800	82371	295.21	48	40
79805	82351	295.18	64	50
79811	82332	295.14	38	20
79816	82313	295.13	30	22
79822	82294	295.19	70	52
79827	82274	295.29	74	58
79832	82255	295.31	78	60
79838	82236	295.30	74	56
79848	82228	295.32	62	48
79775	82385	295.19	64	50
79781	82365	295.23	70	58
79786	82346	295.12	34	24
79792	82327	295.17	24	20
79797	82308	295.15	54	46
79802	82288	295.25	70	60
79808	82269	295.28	64	48
79813	82250	295.21	42	34
79819	82231	295.33	42	30
79756	82379	295.17	74	60
79761	82360	295.19	70	50
79767	82341	295.24	68	48
79772	82321	295.20	70	50
79778	82302	295.15	74	58
79783	82283	295.18	72	62
79789	82264	295.24	68	50
79794	82244	295.23	36	28
79799	82225	295.25	34	24
79737	82374	295.16	24	18
79742	82354	295.18	74	56
79748	82335	295.20	70	58
79753	82316	295.21	76	58
79758	82297	295.10	56	46
79764	82277	295.14	72	58
79769	82258	295.22	86	66
79775	82239	295.29	82	62
79780	82220	295.30	66	50
79719	82369	295.14	50	40
79725	82350	295.19	48	36
79730	82330	295.21	28	20
79736	82311	295.19	46	40
79741	82292	295.12	78	60
79748	82273	295.07	70	50
79753	82254	295.25	56	46
79758	82234	295.27	62	48
79764	82215	295.29	52	36
79710	82367	295.17	48	40
79716	82348	295.20	22	10
79721	82329	295.16	40	28
79726	82309	295.27	30	18
79732	82290	295.20	46	30
79737	82271	295.14	64	50
79743	82252	295.18	44	38
79748	82232	295.18	40	28
79753	82216	295.24	50	34
79691	82362	295.17	68	54

Arroseur N4-1 g: données brutes

79696	82342	295.13	34	30
79702	82323	295.15	34	24
79707	82304	295.19	74	60
79713	82285	295.15	56	44
79718	82265	295.18	84	70
79723	82246	295.14	60	64
79729	82227	295.21	40	38
79733	82211	295.21	58	42
79672	82356	295.10	70	58
79677	82337	295.10	44	34
79663	82318	295.12	54	40
79688	82299	295.14	90	70
79693	82279	295.12	70	52
79699	82260	295.22	84	64
79704	82241	295.17	74	60
79710	82222	295.14	84	64
79714	82207	295.26	60	60
79652	82351	295.15	72	52
79658	82332	295.16	76	58
79663	82312	295.12	78	60
79669	82293	295.10	66	50
79674	82274	295.04	44	44
79680	82255	295.10	68	58
79665	82235	295.08	70	58
79690	82216	295.05	76	60
79694	82202	295.13	84	72
79633	82345	295.17	72	58
79639	82326	295.13	58	48
79644	82307	295.15	66	50
79649	82288	295.13	64	50
79655	82268	295.10	74	64
79660	82249	295.11	66	58
79666	82230	295.13	78	68
79671	82211	295.04	60	68
79675	82196	295.11	60	50
79618	82341	295.13	78	60
79623	82322	295.15	68	56
79628	82302	295.13	62	50
79633	82283	295.12	56	46
79639	82264	295.08	50	38
79644	82245	295.09	48	40
79649	82225	295.06	76	60
79654	82206	295.09	96	80
79658	82191	295.08	98	80
79609	82340	295.16	18	10
79615	82320	295.24	28	20
79620	82301	295.14	28	20
79626	82282	295.27	28	20
79631	82263	295.13	42	32
79636	82243	295.19	26	20
79642	82224	295.29	30	28
79647	82205	295.26	40	32
79652	82189	295.06	60	50
79590	82334	295.06	18	12
79595	82315	295.12	20	14
79601	82296	295.16	26	18
79606	82276	295.20	30	20
79612	82257	295.16	34	26
79617	82238	295.26	34	28
79623	82219	295.27	38	30
79628	82199	295.25	56	40
79633	82183	295.21	54	42
79571	82329	295.15	18	12
79576	82310	295.17	18	10
79582	82290	295.21	22	18
79587	82271	295.20	18	10
79592	82252	295.26	38	20
79598	82233	295.25	28	20
79603	82213	295.26	50	38
79609	82194	295.28	56	40
79613	82180	295.20	60	40
79552	82323	295.14	48	38
79557	82304	295.14	60	48
79562	82285	295.12	58	38
79568	82266	295.18	26	18
79573	82246	295.24	28	12
79579	82227	295.24	38	28
79584	82208	295.15	42	34
79589	82189	295.23	50	40
79593	82174	295.38	50	38
79532	82318	295.05	50	40
79538	82299	295.14	42	32
79543	82279	295.08	44	30
79549	82260	295.16	48	30
79554	82241	295.28	26	20
79559	82222	295.24	22	18
79565	82202	295.32	34	12
79570	82183	295.30	36	12
79574	82169	295.31	22	10
79517	82314	295.02	52	46
79522	82294	295.09	60	50
79527	82275	295.10	40	30
79532	82256	295.13	30	28
79538	82236	295.15	30	28
79543	82217	295.15	36	30

Arroseur N4-1 g: données brutes

79548	82198	295.37	38	28
79553	82178	295.36	42	38
79557	82164	295.43	46	38
79508	82312	294.95	58	46
79514	82293	295.05	38	30
79519	82274	295.05	54	42
79524	82255	295.13	38	28
79530	82235	295.10	32	28
79535	82216	295.19	42	32
79541	82197	295.24	40	30
79546	82178	295.19	28	20
79551	82161	295.28	36	28
79489	82307	295.05	54	40
79494	82288	295.06	54	42
79500	82268	295.03	44	36
79505	82249	295.07	36	24
79511	82230	295.15	58	50
79516	82211	295.16	50	40
79521	82191	295.21	50	40
79527	82172	295.13	34	28
79531	82156	295.32	36	30
79470	82301	295.02	44	34
79475	82282	294.90	46	38
79481	82263	295.09	48	38
79486	82244	295.04	34	24
79491	82224	295.12	38	30
79497	82205	295.12	36	28
79502	82186	295.07	44	32
79508	82167	295.07	28	22
79512	82152	295.29	22	18
79450	82296	294.97	50	40
79456	82277	295.04	60	50
79461	82258	294.97	28	24
79467	82238	295.01	32	20
79472	82219	295.04	20	16
79478	82200	295.07	28	20
79483	82181	295.13	46	40
79488	82161	295.17	56	48
79492	82147	295.22	38	30
79431	82291	294.99	52	40
79437	82271	294.93	28	24
79442	82252	295.06	40	32
79447	82233	295.07	42	36
79453	82214	295.10	54	44
79458	82194	294.97	54	42
79464	82175	295.16	56	44
79469	82156	295.18	50	40
79473	82141	295.21	48	40
79416	82286	294.96	58	48
79421	82267	294.95	58	48
79426	82248	294.94	44	38
79431	82228	295.03	30	22
79437	82209	294.98	30	22
79442	82190	295.03	40	34
79447	82171	295.03	42	34
79452	82151	295.04	30	24
79456	82137	295.09	50	40
79407	82284	294.92	38	28
79412	82265	294.97	48	34
79418	82246	294.98	46	40
79423	82226	295.05	30	24
79428	82207	295.01	30	22
79434	82188	294.95	48	40
79439	82169	295.07	50	40
79445	82149	295.03	34	26
79449	82133	295.08	42	32
79387	82279	294.98	38	28
79393	82260	294.99	50	40
79398	82240	294.97	40	34
79404	82221	294.98	24	20
79409	82202	295.01	40	30
79415	82183	294.99	48	38
79420	82163	294.99	48	32
79425	82144	295.06	36	28
79430	82128	295.17	32	22
79368	82273	294.94	34	24
79374	82254	295.06	36	32
79379	82235	295.00	50	40
79384	82216	294.99	48	40
79390	82196	295.03	40	36
79395	82177	294.98	18	12
79401	82158	294.99	34	24
79406	82139	295.07	22	18
79410	82124	295.13	38	30
79349	82268	295.01	22	20
79354	82249	294.94	48	40
79360	82229	294.97	22	18
79365	82210	294.90	52	40
79371	82191	294.96	44	32
79376	82172	294.94	46	36
79381	82152	295.04	46	40
79387	82133	295.04	44	38
79391	82119	295.04	42	38
79330	82263	294.96	40	38
79335	82243	294.97	46	38

Arroseur N4-1g: données brutes

79341	82224	294.95	24	18
79346	82205	294.97	46	40
79351	82186	294.92	52	40
79357	82166	294.91	50	40
79362	82147	295.00	52	42
79368	82128	295.03	52	42
79372	82113	295.04	48	38
79314	82258	294.91	30	28
79320	82239	294.89	28	12
79324	82219	294.89	28	26
79330	82200	295.02	28	22
79335	82181	294.95	32	22
79340	82162	294.93	20	18
79346	82142	295.01	50	42
79350	82123	295.07	56	44
79354	82108	295.05	52	42
79305	82256	294.89	50	42
79310	82237	294.90	46	40
79316	82218	294.87	56	48
79321	82198	295.00	58	50
79327	82179	294.94	60	50
79332	82160	295.05	52	42
79338	82141	295.00	34	30
79343	82121	294.96	44	38
79348	82105	294.92	56	48
79286	82251	294.86	48	42
79291	82232	294.91	48	40
79297	82212	294.87	58	50
79302	82193	294.93	46	40
79307	82174	294.99	56	48
79313	82155	294.90	58	50
79318	82135	294.98	48	40
79324	82116	294.95	58	50
79328	82100	294.98	56	50
79267	82245	294.87	38	34
79272	82226	294.86	58	50
79277	82207	294.84	50	46
79283	82188	294.93	54	44
79288	82168	294.89	58	50
79294	82149	294.90	40	38
79299	82130	294.93	54	46
79304	82111	294.89	56	50
79309	82096	294.98	44	40
79247	82240	294.78	42	40
79253	82221	294.90	42	40
79258	82201	294.86	50	44
79264	82182	294.79	46	40
79269	82163	294.91	56	50
79274	82144	294.93	50	42
79280	82124	294.91	58	50
79285	82105	294.87	58	50
79289	82091	294.87	58	50
79228	82235	294.85	62	60
79233	82215	294.88	50	48
79239	82196	294.84	54	60
79244	82177	294.89	42	38
79250	82158	294.91	60	50
79255	82138	294.89	58	50
79261	82119	294.94	40	38
79266	82100	294.95	54	44
79270	82085	294.98	52	42
79213	82230	294.86	46	42
79218	82211	294.79	64	60
79223	82191	294.79	60	54
79228	82172	294.88	70	66
79233	82153	294.88	80	76
79239	82134	294.84	90	80
79244	82114	294.96	76	66
79249	82095	294.84	52	48
79253	82080	294.97	70	62
79205	82228	294.70	54	50
79210	82208	294.72	46	40
79216	82189	294.72	36	30
79221	82170	294.80	50	46
79227	82151	294.77	38	36
79232	82131	294.78	54	50
79237	82112	294.77	54	50
79243	82093	294.74	56	50
79248	82076	294.77	52	50
79186	82222	294.67	54	50
79191	82203	294.73	30	28
79197	82184	294.73	50	48
79202	82164	294.81	52	48
79207	82145	294.76	54	48
79213	82126	294.74	40	34
79218	82107	294.82	50	44
79224	82087	294.77	50	42
79228	82071	294.72	50	48
79166	82217	294.61	54	50
79172	82197	294.71	54	50
79177	82178	294.71	40	38
79183	82159	294.76	52	48
79188	82140	294.69	40	38
79194	82120	294.77	54	48
79199	82101	294.79	44	38

Arroseur N4-1 g: données brutes

79204	82082	294.72	54	48
79208	82067	294.68	50	44
79147	82211	294.62	42	40
79153	82192	294.66	38	36
79158	82173	294.71	50	48
79163	82154	294.72	52	44
79169	82134	294.74	48	42
79174	82115	294.72	50	44
79180	82096	294.70	50	44
79185	82077	294.64	50	46
79189	82062	294.76	56	48
79128	82206	294.65	34	30
79133	82187	294.74	50	42
79139	82167	294.75	56	50
79144	82148	294.68	54	50
79150	82129	294.76	52	48
79155	82110	294.74	52	42
79160	82090	294.72	54	48
79166	82071	294.63	54	44
79170	82057	294.78	48	40
79113	82202	294.49	46	40
79118	82182	294.74	54	48
79122	82163	294.74	56	50
79128	82144	294.73	52	48
79133	82124	294.72	56	50
79139	82105	294.74	52	50
79144	82086	294.62	42	38
79149	82068	294.64	52	52
79153	82052	294.75	58	50
79104	82199	294.73	58	50
79110	82179	294.79	38	30
79115	82160	294.83	52	40
79121	82141	294.86	52	38
79126	82122	294.81	52	38
79131	82102	294.78	44	32
79137	82083	294.78	22	18
79142	82064	294.81	32	24
79147	82047	294.84	44	30
79085	82193	294.82	80	52
79090	82174	294.77	32	22
79096	82155	294.84	48	38
79101	82135	294.88	40	30
79107	82116	294.79	56	42
79112	82097	294.82	52	40
79118	82078	294.84	30	20
79123	82058	294.87	38	30
79128	82042	294.86	48	32
79066	82188	294.84	30	24
79071	82168	294.75	40	32
79077	82149	294.79	28	20
79082	82130	294.75	48	32
79087	82111	294.85	54	40
79093	82091	294.80	30	24
79098	82072	294.79	24	20
79104	82053	294.73	28	20
79108	82039	294.87	30	20
79047	82182	294.69	36	30
79052	82163	294.72	22	20
79057	82144	294.70	42	30
79063	82125	294.76	54	40
79068	82105	294.82	62	50
79074	82086	294.82	56	40
79079	82067	294.81	54	44
79084	82048	294.81	36	30
79089	82033	294.88	52	40
79027	82177	294.79	76	64
79033	82158	294.76	44	32
79038	82138	294.70	40	28
79044	82119	294.81	64	48
79049	82100	294.79	62	50
79054	82081	294.78	46	36
79060	82061	294.82	64	54
79065	82042	294.81	24	20
79069	82028	294.89	54	40
79012	82173	294.72	72	62
79017	82153	294.83	54	40
79022	82134	294.75	18	14
79027	82115	294.82	66	54
79033	82095	294.89	18	14
79038	82076	294.83	60	48
79043	82057	294.86	62	52
79048	82037	294.85	40	30
79052	82023	294.90	58	48
79003	82169	294.71	56	50
79009	82150	294.74	62	50
79014	82131	294.69	48	40
79020	82111	294.77	58	50
79025	82092	294.89	50	40
79030	82073	294.83	28	24
79036	82054	294.86	32	30
79041	82034	294.78	44	40
79046	82018	294.83	30	24
78984	82164	294.68	54	46
78989	82145	294.82	60	50
78995	82125	294.81	60	52

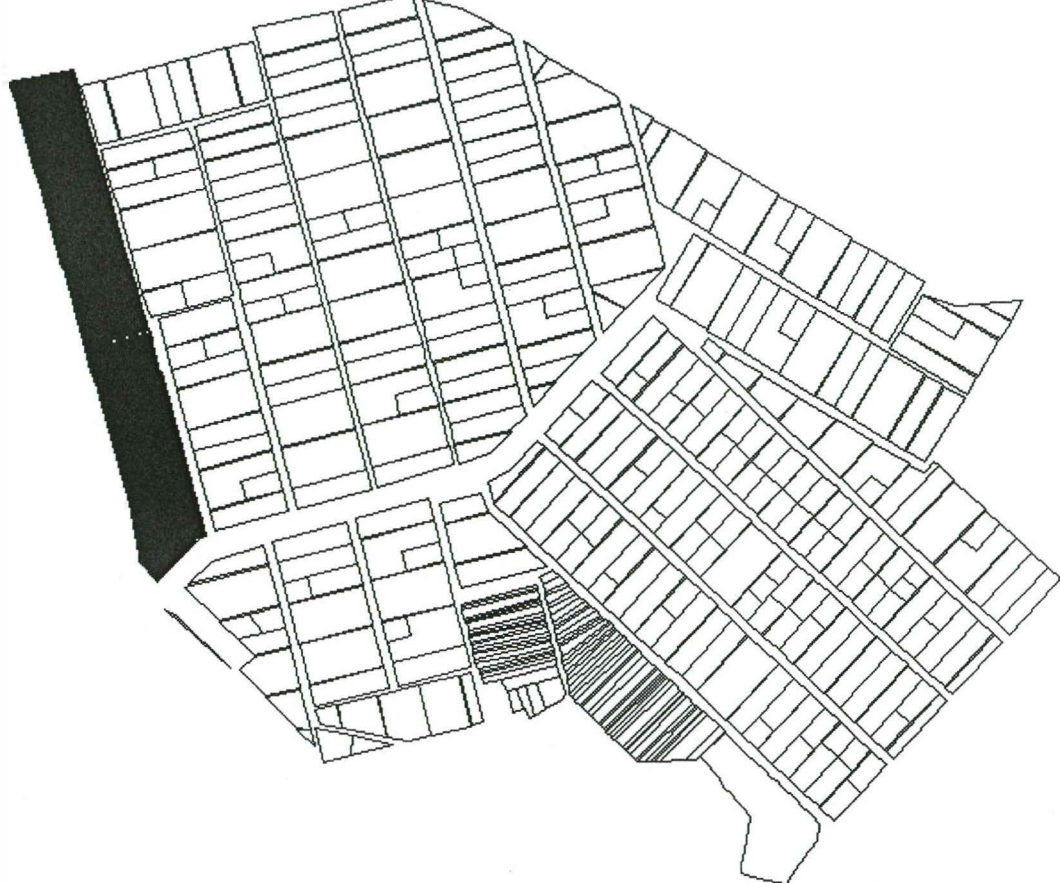
Arroseur N4-1 g: données brutes

79000	82106	294.73	58	50
79006	82087	294.75	28	20
79011	82068	294.80	28	24
79017	82048	294.78	52	40
79022	82029	294.77	48	36
79027	82013	294.85	58	48
78965	82158	294.70	66	60
78970	82139	294.77	60	48
78976	82120	294.77	42	32
78981	82101	294.73	60	50
78986	82081	294.79	52	46
78992	82062	294.79	24	20
78997	82043	294.78	20	18
79003	82024	294.76	30	22
79007	82009	294.84	34	26
78946	82153	294.67	60	50
78951	82134	294.72	40	30
78956	82114	294.73	36	24
78962	82095	294.73	56	40
78967	82076	294.78	54	40
78973	82057	294.77	58	48
78978	82037	294.81	44	30
78983	82018	294.78	44	38
78988	82004	294.84	32	22
78926	82148	294.65	44	36
78932	82128	294.78	54	40
78937	82109	294.72	50	34
78943	82090	294.74	50	34
78948	82071	294.76	50	32
78953	82051	294.78	20	14
78959	82032	294.78	50	40
78964	82013	294.77	44	30
78968	81998	294.80	36	28
78911	82143	294.73	60	50
78916	82124	294.77	24	18
78921	82104	294.73	52	40
78926	82085	294.74	56	40
78932	82066	294.75	54	42
78937	82047	294.77	34	24
78942	82027	294.74	18	10
78947	82008	294.79	48	38
78951	81993	294.73	52	38
78903	82140	294.76	28	24
78908	82121	294.79	52	40
78913	82102	294.81	56	48
78919	82082	294.97	48	38
78924	82063	294.82	38	30
78930	82044	294.71	58	48
78935	82025	294.85	54	40
78940	82005	294.88	56	44
78945	81989	294.80	50	40
78883	82135	294.79	60	50
78889	82116	294.86	54	40
78894	82096	294.91	26	22
78900	82077	294.80	54	40
78905	82058	294.81	34	30
78910	82039	294.78	62	50
78916	82019	294.82	44	34
78921	82000	294.81	58	44
78926	81984	294.85	48	40
78864	82129	294.81	48	40
78869	82110	294.84	56	42
78875	82091	294.85	56	42
78880	82072	294.72	56	48
78886	82052	294.81	60	48
78891	82033	294.80	64	48
78897	82014	294.68	60	48
78902	81995	294.77	58	44
78906	81980	294.80	54	40
78845	82124	294.81	60	52
78850	82105	294.84	50	40
78856	82085	294.80	30	24
78861	82066	294.75	48	40
78866	82047	294.76	56	46
78872	82028	294.81	28	22
78877	82008	294.77	40	32
78883	81989	294.81	64	52
78887	81975	294.86	50	40
78826	82119	294.81	62	56
78831	82099	294.82	46	36
78836	82080	294.81	60	44
78842	82061	294.81	60	52
78847	82042	294.80	54	48
78853	82022	294.80	28	24
78858	82003	294.75	52	40
78863	81984	294.82	62	50
78868	81969	294.84	52	40
78810	82114	294.77	70	60
78816	82095	294.78	70	60
78820	82075	294.85	32	24
78825	82056	294.83	64	60
78831	82037	294.80	70	60
78836	82018	294.76	46	38
78842	81998	294.84	30	24
78846	81979	294.78	48	34

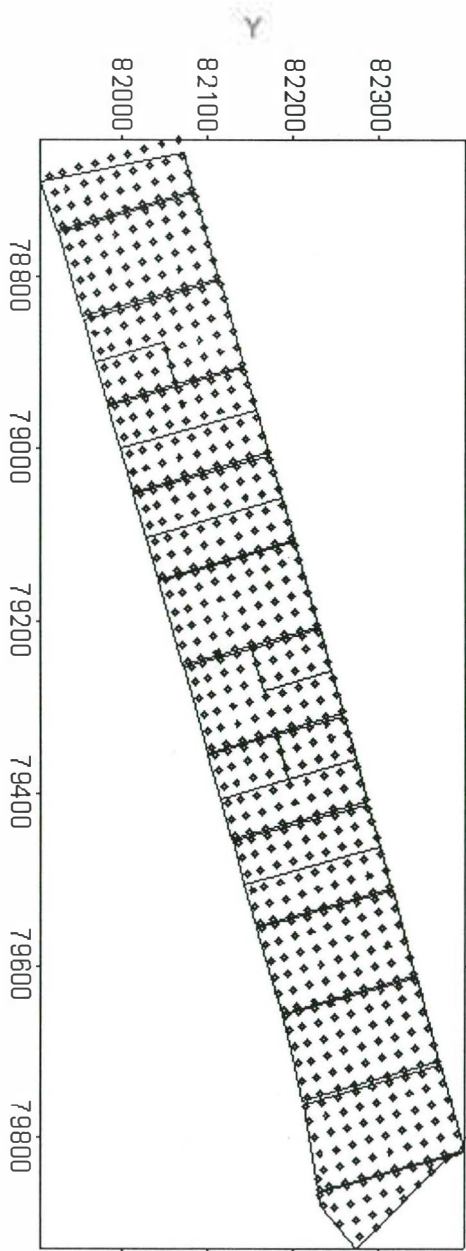
Arroseur N4-1 g: données brutes

78850	81964	294.74	58	50
78801	82111	294.73	32	30
78807	82092	294.73	30	24
78812	82073	294.77	34	30
78818	82054	294.75	32	28
78823	82034	294.73	34	30
78828	82015	294.70	38	30
78834	81996	294.86	34	28
78839	81977	294.74	38	30
78844	81960	294.71	26	20
78782	82106	294.75	36	34
78787	82087	294.74	38	30
78793	82068	294.76	36	30
78798	82048	294.71	36	30
78804	82029	294.69	44	40
78809	82010	294.74	32	28
78815	81991	294.75	24	20
78820	81971	294.75	28	22
78825	81955	294.78	34	24
78763	82101	294.72	28	24
78768	82081	294.70	30	26
78774	82062	294.73	44	34
78779	82043	294.69	30	20
78784	82024	294.70	26	24
78790	82004	294.68	36	30
78795	81985	294.72	46	36
78801	81966	294.76	60	48
78805	81951	294.73	42	36
78744	82095	294.67	38	32
78749	82076	294.60	52	42
78754	82057	294.62	30	24
78760	82037	294.60	32	24
78765	82018	294.47	52	42
78771	81999	294.50	56	46
78776	81980	294.64	36	30
78781	81960	294.56	34	30
78786	81946	294.57	40	30
78724	82090	294.58	56	50
78730	82071	294.58	62	50
78735	82051	294.60	60	46
78741	82032	294.56	60	50
78746	82013	294.54	42	22
78751	81994	294.49	50	40
78757	81974	294.52	50	40
78762	81955	294.53	46	34
78766	81941	294.59	28	24
78709	82085	294.54	22	20
78714	82066	294.55	64	52
78719	82047	294.49	58	44
78724	82027	294.56	60	44
78730	82008	294.42	34	24
78735	81989	294.52	50	40
78740	81970	294.52	50	38
78745	81950	294.56	52	40
78749	81936	294.47	60	50
78700	82082	294.29	42	32
78705	82063	294.37	40	32
78711	82044	294.34	42	36
78716	82024	294.28	32	28
78722	82005	294.29	32	24
78727	81986	294.31	30	24
78732	81966	294.41	30	24
78738	81947	294.40	48	38
78742	81931	294.41	62	50
78681	82077	294.24	42	30
78686	82057	294.29	40	30
78691	82038	294.24	40	32
78697	82019	294.28	44	40
78702	82000	294.29	34	30
78708	81980	294.34	36	30
78713	81961	294.33	34	30
78719	81942	294.37	28	22
78723	81925	294.47	28	24
78661	82071	294.23	28	24
78667	82052	294.19	36	30
78672	82033	294.23	32	30
78678	82013	294.27	36	30
78683	81994	294.29	32	30
78688	81975	294.30	40	32
78694	81956	294.35	38	30
78699	81936	294.45	36	30
78703	81922	294.49	38	30
78642	82066	294.20	28	24
78648	82047	294.23	28	24
78653	82027	294.24	28	22
78658	82008	294.21	26	20
78664	81989	294.20	38	30
78669	81969	294.34	38	36
78675	81950	294.33	38	32
78680	81931	294.46	36	30
78684	81917	294.51	36	30

Plan cadastral du village "N4" et localisation de l'arroiseur "N4-1g" (secteur d'étude)



Localisation des mesures



Source: Office du Niger - Service du cadastre

Annexe 4.7. Arroseur N9-7D-1g: Données brutes

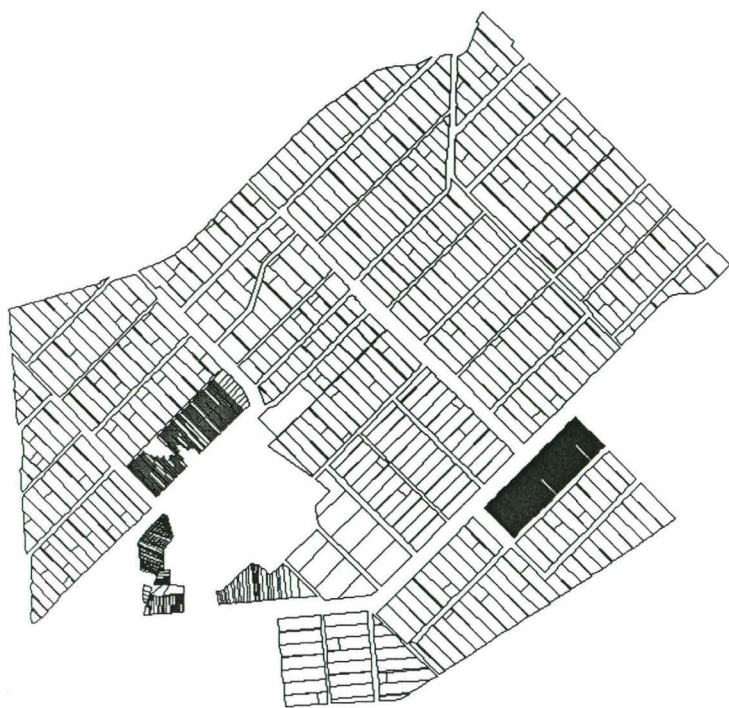
Numéro	Localisation (ON)	Altitude (m-centré)	Sables totaux (%)			pH 2h (-)			pH 24h (-)			CE 2h (µS/cm)			CE 24h (µS/cm)		
			20 cm	70 cm	120 cm	20 cm	70 cm	120 cm	20 cm	70 cm	120 cm	20 cm	70 cm	120 cm	20 cm	70 cm	120 cm
1d-1	X (m) 83683	Y (m) 87450	-0.00	42.9	32.4	36.9	7.02	6.66	5.99	7.88	7.99	7.93	140	50	110	270	270
1d-2	83699	87466	0.00	41.3	35.6	29.8	7.64	7.65	7.82	7.15	6.93	7.80	150	68	300	110	270
1d-3	83715	87482	0.00	34.3	31.7	37.0	7.82	8.04	8.13	7.45	7.38	7.72	100	175	400	260	420
1d-4	83656	87476	-0.05	49.0	39.2	41.8	7.86	8.06	8.09	7.15	5.25	5.26	130	90	225	48	32
1d-5	83672	87493	-0.02	32.4	31.1	29.7	6.7	5.75	6.84	6.56	7.40	7.80	40	44	560	140	200
1d-6	83688	87509	-0.09	39.8	37.6	34.9	7.26	6.24	7.25	5.80	7.02	7.45	72	56	620	210	220
1d-7	83629	87503	-0.00	37.0	35.0	35.0	8.2	8.02	7.91	7.87	7.70	7.38	152	110	340	440	860
1d-8	83645	87519	-0.02	36.9	35.8	33.1	8.4	8.2	8.15	6.53	7.64	7.18	280	275	74	150	140
1d-9	83662	87536	-0.01	34.9	36.7	39.2	7.98	8.25	8.28	7.02	6.92	7.12	150	100	140	210	340
1d-10	83602	87530	0.04	46.0	40.7	39.5	8.02	8.06	8.13	6.05	5.65	6.84	112	135	320	135	70
1d-11	83618	87546	-0.07	39.9	36.6	35.9	8.22	8.1	8.25	6.78	7.50	7.50	162	250	165	160	115
1d-12	83635	87563	0.04	34.8	36.3	35.4	6.42	5.44	7.2	8.35	8.05	8.10	140	65	320	320	300
1d-13	83575	87557	0.02	36.9	35.9	33.6	8.05	7.82	8.16	7.76	7.58	7.92	230	250	90	180	290
1d-14	83591	87573	-0.06	37.5	33.0	33.7	7.46	7.8	8.08	6.69	7.26	7.52	130	150	380	180	140
1d-15	83608	87589	0.03	41.7	39.3	41.2	7.85	8.01	8.15	6.72	7.71	7.82	290	200	80	96	300
1d-16	83548	87584	0.05	45.1	39.9	44.6	8.17	8	7.95	6.99	7.22	7.38	280	180	130	185	70
1d-17	83565	87600	0.00	44.4	44.8	42.7	6.72	7.77	7.6	7.20	7.58	7.59	125	130	80	140	130
1d-18	83581	87616	-0.04	49.7	45.1	50.5	7.2	7.76	7.63	7.32	7.30	7.44	220	60	245	70	80
1g-1	83645	87410	0.02	42.3	38.9	38.0	8.03	8.1	8	6.85	6.36	5.79	250	200	250	150	36
1g-2	83661	87427	0.01	37.7	31.5	34.3	7.32	6.95	7.89	7.42	7.41	7.82	100	66	230	170	200
1g-3	83678	87443	-0.00	40.8	37.6	39.7	7.67	7.57	7.76	7.57	7.84	7.95	250	135	400	120	240
1g-4	83618	87437	0.03	40.7	34.2	41.2	5.26	6.42	5.34	7.63	7.83	7.84	24	46	36	150	100
1g-5	83634	87454	-0.01	43.5	35.2	40.7	7.7	6.68	7.85	6.55	5.63	6.65	120	140	190	36	44
1g-6	83651	87470	-0.04	33.7	38.3	41.8	7.2	5.84	7.57	7.00	6.05	7.08	152	190	210	80	70
1g-7	83591	87464	-0.04	38.6	37.9	39.2			8.04	7.68	7.70				190	140	180
1g-8	83607	87480	-0.06	37.4	35.8	37.8			8.20	7.68	7.94				260	260	400
1g-9	83624	87497	-0.00	38.1	34.3	38.2	7.12	6.97	7.23	7.74	7.98	7.98	240	140	210	180	240
1g-10	83564	87491	-0.04	35.5	34.1	34.3	6.13	5.7	6.94	7.99	7.83	7.87	130	84	70	130	200
1g-11	83580	87507	-0.07	38.6	36.1	34.8	6.8	7.4	7.78	8.00	7.87	8.06	115	100	110	180	280
1g-12	83597	87523	-0.04	48.1	37.7	39.8	8.45	8.16	8.19	6.34	5.30	6.92	320	250	240	140	80
1g-13	83537	87518	0.00	50.1	29.2	40.8	7.56	8.16	8.08	7.74	8.02	8.00	180		250	260	320
1g-14	83553	87534	-0.04	34.9	41.0	37.3	6.82	7.35	7.66	7.16	7.64	7.97	170	120	140	150	300
1g-15	83570	87550	0.00	37.7	36.9	38.6	6.84	7.86	7.93	7.66	7.87	8.07	90	87	290	300	260
1g-16	83510	87544	0.03	36.1	36.4	36.7	7.06	7.33	7.54	7.96	7.82	7.87	170	70	64	200	250
1g-17	83527	87561	0.04	42.1	38.5	39.4	7.29	7.68	7.71	6.49	7.49	7.42	135	78	120	140	190

Annexe 4.7. Arroseur N9-7D-1g: Données brutes

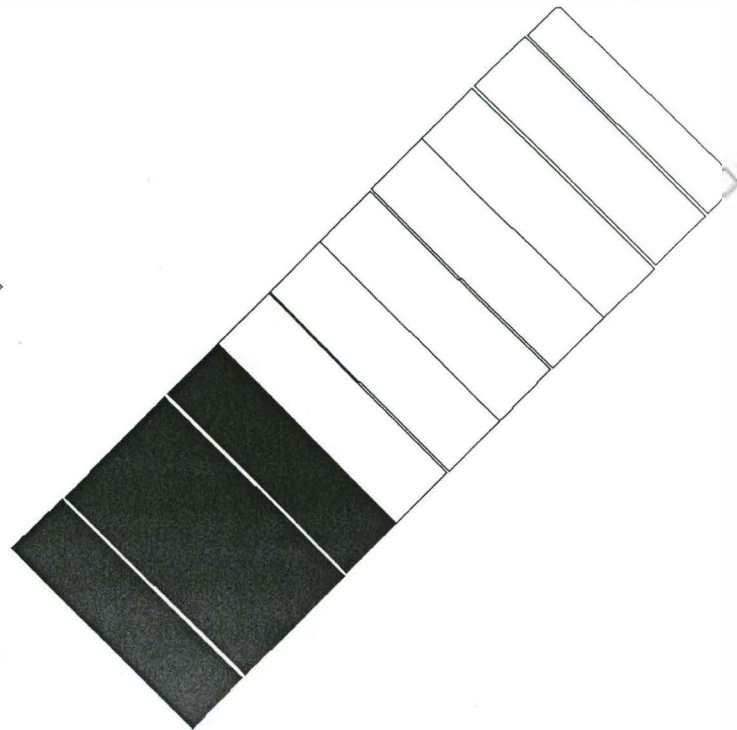
1g-18	83543	87577	0.05	46.5	43.3	48.9	7.43	7.41	7.6	7.03	7.51	7.44	62	54	70	270	68	110
2d-1	83758	87525	0.07	36.2	31.0	31.8	7.26	6.47	7.55	7.78	7.74	8.09	140	54	110	100	165	250
2d-2	83774	87541	0.04	38.8	34.1	26.9	7.95	8.19	8.17	6.66	6.20	7.86	210	100	300	140	66	280
2d-3	83791	87558	0.07	31.9	28.9	37.0	8.28	8.5	8.5	6.78	5.90	7.10	250	280	400	115	60	140
2d-4	83731	87552	-0.04	37.9	37.5	26.2	6.59	6.93	7.74	6.29	6.72	7.45	300	200	225	70	86	140
2d-5	83747	87568	-0.03	33.9	28.3	26.7		7.49	7.83	7.18	7.30	7.92		300	560	300	280	400
2d-6	83764	87584	0.02	28.7	32.1	32.8	7.9	8.04	8.08	6.80	7.38	7.75	520	420	620	140	360	130
2d-7	83704	87579	0.02	44.1	36.3	36.2	7.98	7.86	8.02	6.96	5.79	7.75	250	180	340	100	66	170
2d-8	83720	87595	0.09	32.2	34.8	36.0	7.04	5.65	5.75	6.50	4.86	6.26	140	64	74	185	165	210
2d-9	83737	87611	0.03	33.2	39.3	38.0	6.68	6.9	7.65	6.72	7.17	7.68	94	66	140	270	190	390
2d-10	83677	87605	0.08	33.0	31.2	35.7	8.01	8.06	8.04	7.90	7.60	7.58	280	280	320	320	300	500
2d-11	83694	87622	-0.01	30.3	38.7	36.9	6.92	7.13	7.72	6.56	7.38	8.00	300	92	165	140	82	280
2d-12	83710	87638	-0.01	30.6	34.6	32.1	8.2	8.05	8.1	6.40	6.30	7.36	270	240	320	180	90	530
2d-13	83650	87632	-0.11	42.0	45.4	33.7	8.21	8.01	6.82	6.68	6.54	8.02	180	240	90	80	64	300
2d-14	83667	87649	-0.11	45.9	41.0	44.8	8.04	6.09	8.08	6.32	5.46	6.46	400	80	380	170	120	74
2d-15	83683	87665	0.03	41.0	35.2	36.4	6.82	6.87	7.21	7.92	7.65	8.05	135	62	80	125	130	250
2d-16	83623	87669	0.07	48.0	57.4	53.4	6.94	6.87	7.41	7.78	7.80	7.98	125	62	130	120	300	200
2d-17	83640	87675	0.02	33.5	34.4	51.4	7.23	6.1	7.2	7.11	7.40	7.42	140	64	80	72	77	98
2d-18	83656	87692	0.02	40.9	38.4	50.9	7.75	7.78	7.88	7.28	7.38	7.35	125	120	245	120	88	190
2g-1	83720	87485	-0.01	37.3	32.3	33.5	7.88	8.06	8.29	6.81	6.46	7.38	90	130	210	140	54	100
2g-2	83736	87502	0.05	38.8	31.8	32.7	6.74	6.37	7.97	7.83	8.05	8.09	140	62	240	210	105	260
2g-3	83752	87518	0.00	28.7	32.5	31.7	6.9	6.04	7.34	8.17	8.20	8.37	110	60	120	220	290	400
2g-4	83693	87512	-0.07	35.7	33.9	37.2	6.82	7.03	7.64	6.42	6.90	7.58	64	80	120	260	205	230
2g-5	83709	87529	-0.08	31.7	34.5	35.5	7.23	7.66	8.05	7.75	7.39	7.75	300	270	340	560	300	560
2g-6	83725	87545	0.05	31.1	36.7	34.2	6.86	7.61	7.86	7.78	7.96	7.94	120	320	400	520	440	620
2g-7	83666	87539	-0.03	25.8	33.1	35.9	7.02	6.08	7.9	7.80	7.72	7.81	110	60	160	220	200	300
2g-8	83682	87555	0.00	39.0	37.7	54.2	6.55	5	6.38	6.75	5.38	5.82	180	150	200	150	66	66
2g-9	83698	87572	-0.01	38.4	40.8	38.0	6.82	7.37	7.78	6.45	6.75	7.37	170	170	300	94	66	120
2g-10	83639	87566	-0.00	36.2	40.2	34.4	8.02	7.83	7.72	7.85	7.95	7.88	300	280	460	240	300	320
2g-11	83655	87582	0.02	39.1	35.8	31.8	6.56	7.6	8.12	6.81	7.02	7.57	140	74	250	280	100	170
2g-12	83671	87598	0.04	33.3	37.9	32.1	6.42	6.56	7.56	8.06	7.95	7.94	180	90	155	240	240	320
2g-13	83612	87593	0.02	33.9	42.0	47.7	6.82	6.66	8.25	8.04	7.91	6.68	80	59	280	180	250	84
2g-14	83628	87609	0.04	45.4	43.1	42.0	6.35	5.61	6.6	7.82	5.95	7.94	160	120	70	420	84	400
2g-15	83644	87625	0.01	44.1	43.1	43.2	8.02	7.84	8.2	6.75	7.73	6.96	115	115	220	140	170	64
2g-16	83585	87619	0.08	46.4	32.1	35.8	7.9	7.92	8.22	6.77	6.77	7.17	120	300	175	120	65	130
2g-17	83601	87636	-0.02	45.7	43.2	43.8	7.24	7.56	7.62	7.08	6.02	6.97	66	70	86	140	64	72
2g-18	83617	87652	0.00	45.0	43.7	47.7	7.33	7.62	7.6	7.55	7.75	7.70	115	76	170	130	150	240

Arroseur N9-7D-1g: localisation des prélèvements

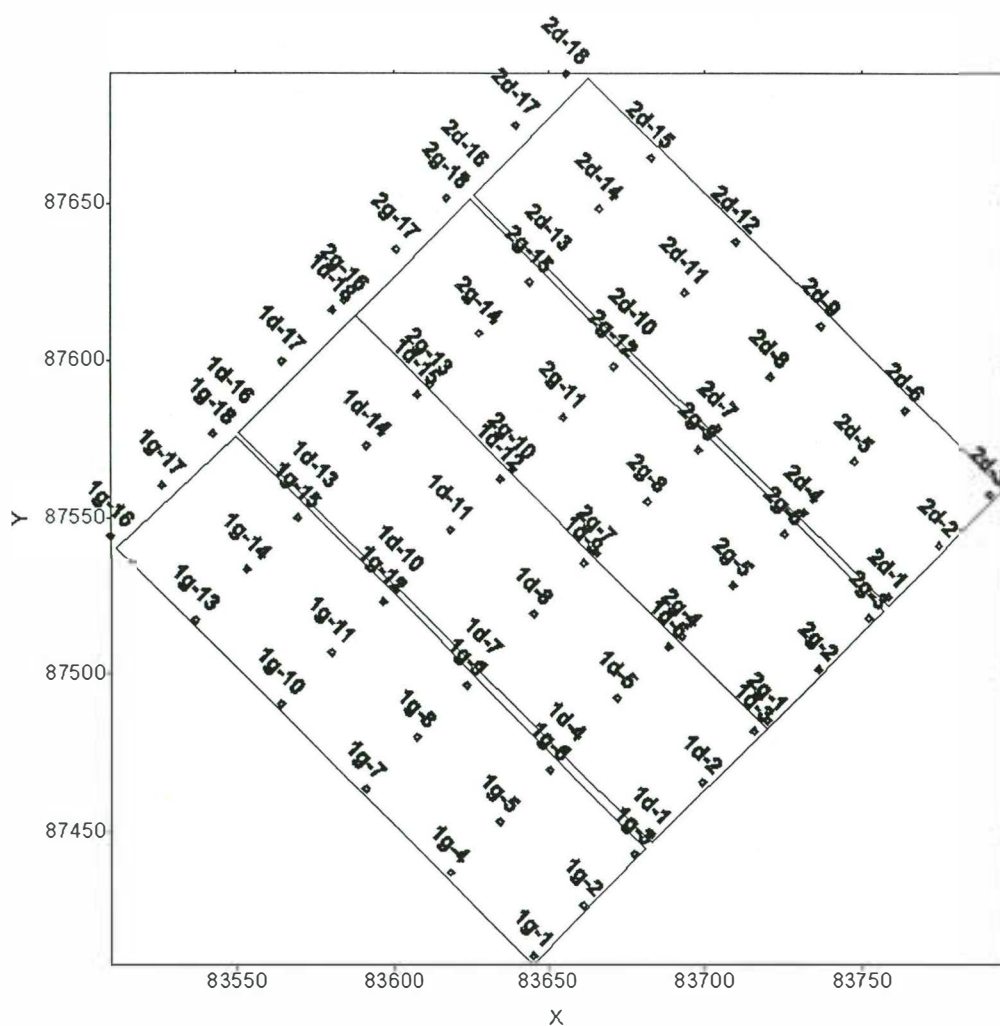
Plan cadastral du village N10 et localisation de l'arroseur "N9-7D-1g"



Plan cadastral de l'arroseur "N9-7D-1g" et localisation du site d'étude



Localisation des prélèvements



Arroseur N9-8D-1d: données brutes

Annexe 4.8

Référentiel Office du Niger			(EM38-mS/m)	
Localisation		Altitude (mètres)	Conductivité électromagnétique	
X (m)	Y (m)		Verticale	Horizontale
84358	88367	296.35	26	20
84373	88353	296.37	20	18
84387	88339	296.33	18	12
84401	88324	296.34	24	20
84415	88310	296.29	28	24
84429	88296	296.20	48	40
84443	88282	296.18	30	28
84458	88268	296.21	26	20
84472	88254	296.14	28	20
84482	88244	296.06	34	26
84344	88353	296.36	30	28
84358	88339	296.33	18	12
84373	88324	296.30	18	12
84387	88310	296.27	18	14
84401	88296	296.25	18	12
84415	88282	296.14	36	28
84429	88268	296.29	38	30
84443	88254	296.25	40	36
84458	88240	296.16	36	30
84468	88230	296.23	36	30
84330	88338	296.33	20	18
84344	88324	296.33	32	30
84358	88310	296.32	16	12
84373	88296	296.32	34	26
84387	88282	296.25	34	28
84401	88268	296.16	22	14
84415	88254	296.29	26	20
84429	88240	296.20	28	22
84444	88226	296.15	16	12
84453	88216	296.25	22	18
84323	88331	296.29	16	14
84337	88317	296.29	28	24
84352	88304	296.32	32	28
84366	88289	296.35	28	20
84380	88275	296.36	36	30
84394	88261	296.40	28	22
84408	88247	296.32	24	18
84422	88233	296.27	30	28
84436	88218	296.13	22	18
84447	88209	296.22	24	20
84319	88326	296.40	30	28
84333	88312	296.32	30	28
84347	88298	296.49	34	30
84361	88284	296.42	30	22
84376	88270	296.33	26	20
84390	88256	296.38	26	20
84404	88241	296.53	40	34
84418	88227	296.47	32	26
84432	88213	296.48	24	20
84440	88205	296.47	24	20
84305	88312	296.50	32	22
84319	88298	296.39	36	30
84333	88284	296.36	34	30
84347	88270	296.51	24	20
84361	88256	296.46	32	28
84376	88241	296.69	36	30
84390	88227	296.55	46	40
84404	88213	296.50	24	20
84418	88199	296.47	24	20
84426	88191	296.49	20	18
84291	88298	296.52	36	30
84305	88284	296.34	38	30
84319	88270	296.25	36	30
84333	88255	296.20	38	30
84347	88241	296.29	26	20
84361	88227	296.55	36	30
84376	88213	296.52	30	24
84390	88199	296.47	22	20
84404	88185	296.38	26	20
84412	88177	296.39	22	20
84277	88284	296.40	32	24

Arroseur N9-8D-1d: données brutes

84209	87970	296.17	26	20
84080	88087	296.28	30	28
84094	88073	296.27	30	24
84109	88059	296.30	32	18
84123	88045	296.30	20	18
84137	88031	296.31	28	22
84151	88017	296.29	20	18
84165	88003	296.20	22	20
84179	87989	296.13	24	20
84194	87975	296.04	20	18
84204	87965	296.15	18	16
84066	88073	296.33	24	20
84080	88059	296.23	34	20
84094	88045	296.21	26	20
84109	88031	296.17	24	24
84123	88017	296.20	26	20
84137	88003	296.21	26	20
84151	87989	296.25	20	18
84165	87975	296.13	22	20
84180	87960	296.08	20	18
84189	87951	296.12	14	10
84052	88059	296.33	20	18
84066	88045	296.31	24	20
84080	88031	296.28	20	18
84095	88017	296.21	20	18
84109	88003	296.27	28	20
84123	87989	296.34	28	26
84137	87974	296.28	24	20
84151	87960	296.15	28	26
84165	87946	296.16	24	20
84175	87936	296.24	14	10
84038	88045	296.30	26	24
84052	88031	296.30	30	28
84066	88017	296.29	24	22
84080	88003	296.26	30	20
84095	87989	296.30	24	22
84109	87974	296.26	30	28
84123	87960	296.22	22	20
84137	87946	296.22	20	18
84151	87932	296.17	30	28
84161	87922	296.20	26	22
84024	88031	296.36	26	24
84038	88017	296.30	28	26
84052	88003	296.34	20	16
84066	87988	296.27	24	20
84080	87974	296.25	26	24
84095	87960	296.24	24	20
84109	87946	296.24	22	20
84123	87932	296.21	22	20
84137	87918	296.11	22	20
84147	87908	296.20	24	20
84006	88013	296.30	26	24
84020	87999	296.28	26	24
84035	87985	296.36	22	20
84049	87971	296.31	22	20
84063	87957	296.34	22	20
84077	87943	296.24	24	20
84091	87928	296.20	24	20
84105	87914	296.18	22	20
84120	87900	296.08	24	20
84129	87890	296.18	20	18

Arroseur N9-8D-1d: données brutes

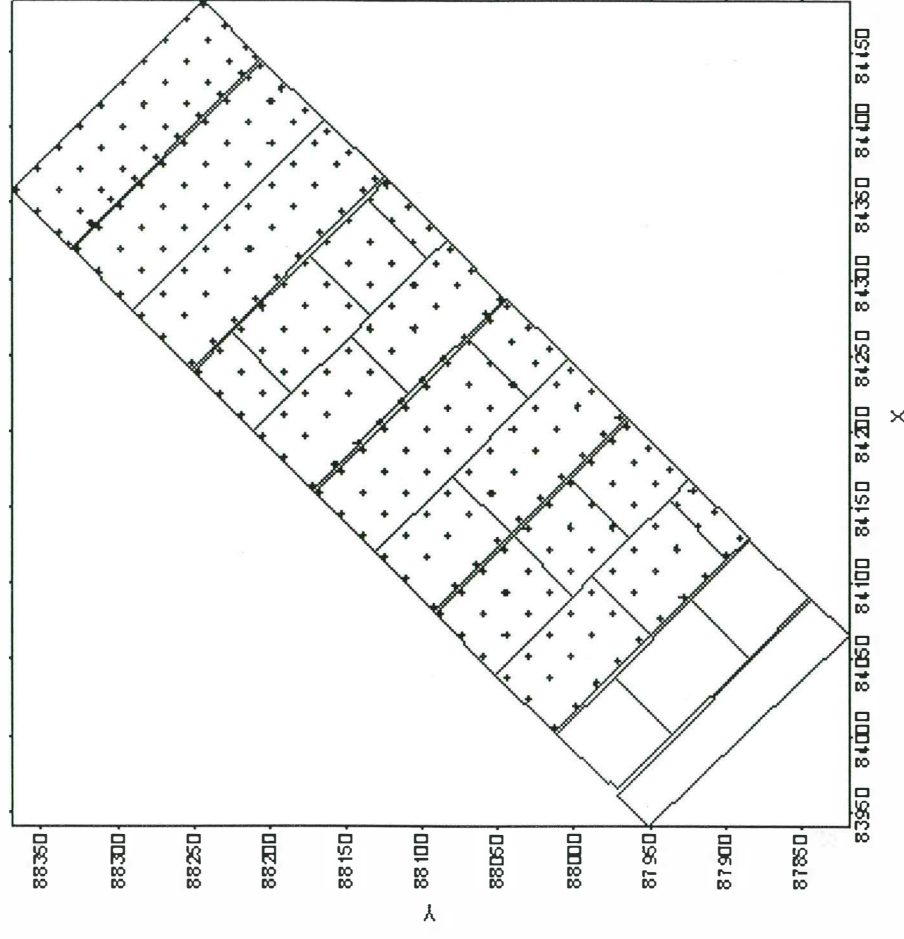
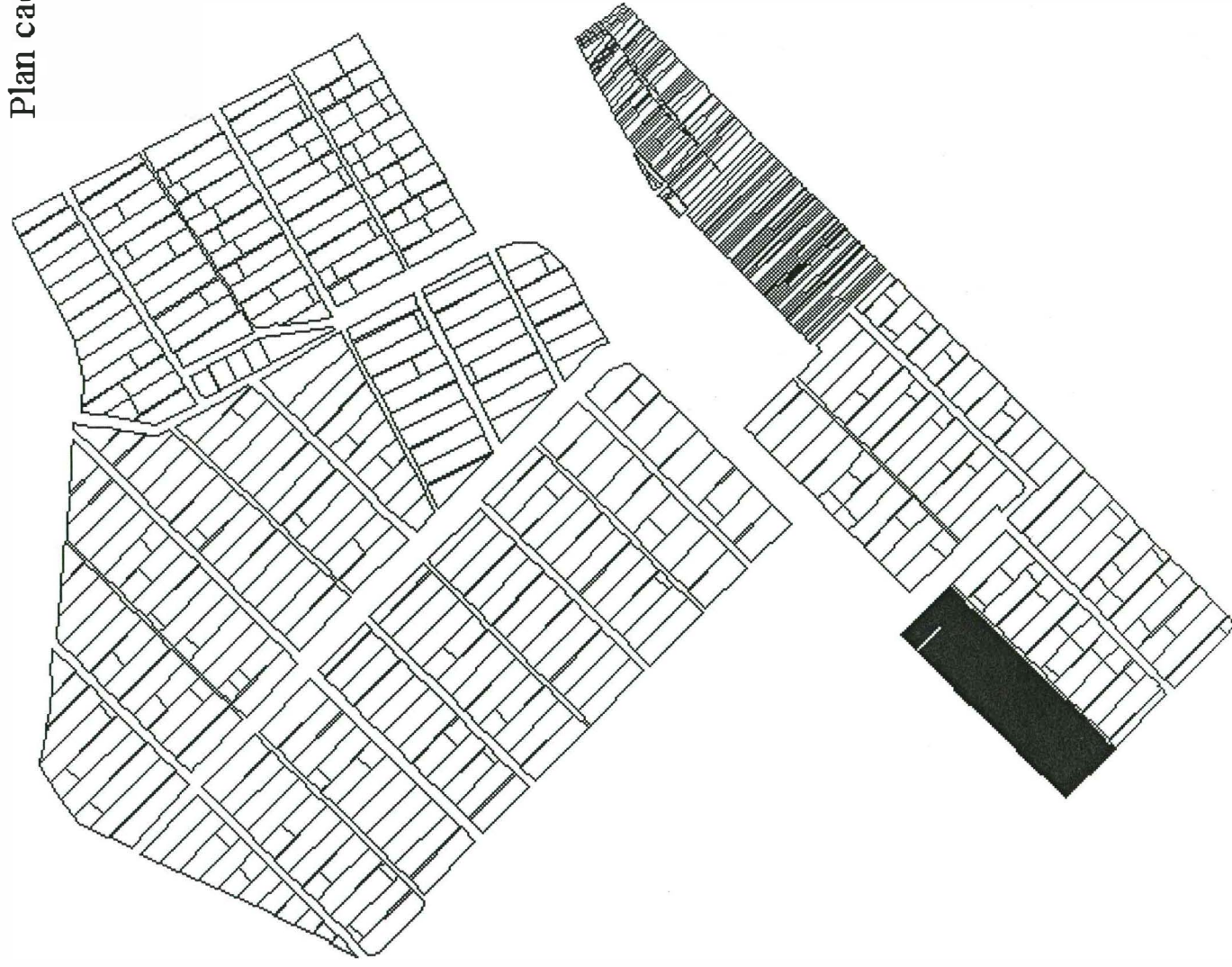
84291	88270	296.30	34	28
84305	88255	296.23	20	18
84319	88241	296.31	34	28
84333	88227	296.32	28	20
84347	88213	296.44	24	18
84362	88199	296.51	32	24
84376	88185	296.53	28	22
84390	88171	296.49	24	20
84398	88163	296.46	24	20
84262	88269	296.41	20	18
84277	88255	296.27	28	24
84291	88241	296.20	24	20
84305	88227	296.37	30	28
84319	88213	296.31	36	28
84333	88199	296.53	26	20
84347	88185	296.47	38	30
84362	88171	296.55	24	18
84376	88157	296.50	36	30
84384	88149	296.47	36	30
84245	88252	296.45	26	20
84259	88238	296.21	38	36
84273	88224	296.35	34	30
84287	88209	296.33	28	26
84301	88195	296.39	28	22
84316	88181	296.35	34	26
84330	88167	296.51	42	34
84344	88153	296.43	38	30
84358	88139	296.43	38	32
84366	88131	296.46	34	28
84239	88247	296.41	24	20
84253	88233	296.33	30	24
84267	88219	296.36	24	20
84281	88205	296.35	28	18
84296	88191	296.33	20	18
84310	88176	296.29	28	26
84324	88162	296.30	30	28
84338	88148	296.21	24	20
84352	88134	296.22	26	24
84362	88124	296.20	22	20
84225	88233	296.39	32	24
84239	88219	296.25	24	22
84253	88205	296.33	32	30
84267	88191	296.34	34	28
84282	88176	296.32	32	28
84296	88162	296.28	42	40
84310	88148	296.36	36	32
84324	88134	296.15	36	30
84338	88120	296.18	24	20
84348	88110	296.27	28	22
84211	88219	296.39	22	20
84225	88205	296.32	20	18
84239	88190	296.22	34	30
84253	88176	296.31	28	24
84267	88162	296.31	28	26
84282	88148	296.31	32	28
84296	88134	296.32	34	28
84310	88120	296.25	20	18
84324	88106	296.18	24	20
84334	88096	296.20	20	18
84197	88205	296.42	18	16
84211	88190	296.33	20	18
84225	88176	296.41	28	22
84239	88162	296.34	18	16
84253	88148	296.30	20	18
84267	88134	296.24	20	16
84282	88120	296.35	30	28
84296	88106	296.24	28	22
84310	88092	296.21	22	20
84320	88082	296.21	20	18
84183	88190	296.37	20	18
84197	88176	296.37	30	26
84211	88162	296.32	34	30
84225	88148	296.34	20	18
84239	88134	296.35	28	24

Arroseur N9-8D-1d: données brutes

84253	88120	296.35	24	20
84268	88106	296.29	24	20
84282	88092	296.23	26	22
84296	88077	296.20	18	16
84306	88068	296.36	18	16
84163	88171	296.36	26	22
84178	88157	296.34	18	16
84192	88143	296.33	22	20
84206	88129	296.39	34	32
84220	88115	296.39	18	12
84234	88101	296.36	24	20
84248	88087	296.19	26	24
84263	88072	296.17	24	20
84277	88058	296.14	20	18
84287	88048	296.23	18	16
84159	88168	296.37	50	48
84174	88153	296.36	40	38
84188	88139	296.29	62	60
84202	88125	296.36	54	50
84216	88111	296.48	44	40
84230	88097	296.25	38	36
84244	88083	296.23	34	32
84259	88069	296.24	30	28
84273	88055	296.11	28	20
84283	88045	296.13	24	20
84145	88153	296.42	54	50
84159	88139	296.30	62	60
84174	88125	296.21	40	38
84188	88111	296.32	44	42
84202	88097	296.30	36	32
84216	88083	296.24	56	50
84230	88069	296.33	44	40
84244	88055	296.15	38	36
84259	88041	296.23	26	24
84269	88031	296.31	26	24
84131	88139	296.44	38	34
84145	88125	296.33	28	24
84159	88111	296.25	30	28
84174	88097	296.29	40	38
84188	88083	296.31	42	40
84202	88069	296.27	28	26
84216	88055	296.30	48	40
84230	88040	296.25	54	50
84244	88026	296.22	58	56
84254	88016	296.24	48	40
84117	88125	296.31	42	38
84131	88111	296.27	44	40
84145	88097	296.30	36	30
84160	88083	296.19	38	40
84174	88069	296.31	36	32
84188	88055	296.29	38	30
84202	88040	296.34	54	48
84216	88026	296.22	30	28
84230	88012	296.19	58	50
84240	88002	296.19	54	50
84103	88111	296.38	40	38
84117	88097	296.29	32	28
84131	88083	296.29	32	26
84145	88069	296.31	44	40
84160	88054	296.28	38	30
84174	88040	296.28	42	36
84188	88026	296.25	36	30
84202	88012	296.16	34	30
84216	87998	296.17	30	28
84226	87988	296.30	38	34
84085	88093	296.36	34	30
84099	88079	296.25	38	32
84114	88065	296.31	38	36
84128	88051	296.27	40	30
84142	88037	296.31	30	28
84156	88023	296.10	48	32
84170	88009	296.19	28	20
84184	87994	296.10	30	28
84199	87980	296.21	32	28

Plan cadastral du village "N9" et localisation de l'arroseur "N9-8D-1d"

Plan cadastral de l'arroseur "N9-8D-1d" et localisation des mesures



Source: Office du Niger - Service du cadastre

Annexe 5. Evolution des sols: 1987-1997

Echantillons	Horizon	Texture	Sables (%)		pH		CE (dS/m)	
			1987	1997	1987	1997	1987	1997
Moursi 101	I	Argile	31	29	7.7	7.7	0.45	0.05
	II	Argile	34	24	8.1	8.4	0.34	0.32
	III	Argile	35	22	8.4	8.2	0.28	0.3
Moursi 102	I	Argile	31	26	7.7	7.4	0.78	0.19
	II	Argile	26	24	8.1	7.9	0.45	0.16
	III	Argile	27	22	8.2	8.0	0.42	0.22
Moursi 113	I	Argile	29	22	8.1	6.9	0.18	0.11
	II	Argile	29	20	8.4	6.4	0.2	0.38
	III	Argile	30	12	8.5	7.7	0.24	0.13
Moursi 118	I	Argile	33	20	7.7	8.3	0.22	0.23
	II	Argile	27	13	8.1	8.3	0.17	0.23
	III	Argile	29	19	8.1	8.6	0.19	0.36
Moursi 123	I	Argile	34	18	7	6.0	0.16	0.1
	II	Argile	32	21	7.8	8.1	0.17	0.15
	III	Argile	32	16	7.8	7.9	0.2	0.22
Moursi 128	I	Argile	31	38	7.8	6.7	0.2	0.16
	II	Argile	32	30	7.8	6.6	0.22	0.32
	III	Argile	31	20	7.8	5.5	0.22	0.25
Moursi 133	I	Argile	22	24	7.8	7.6	0.29	0.29
	II	Argile	17	12	8	8.6	0.35	0.24
	III	Argile	16	15	8.1	8.6	0.45	0.26
Moursi 138	I	Argile	34	44	7.1	8.0	0.2	0.22
	II	Argile	36	34	7.3	8.3	0.09	0.11
	III	Argile	38	33	7.2	8.0	0.06	0.17
Moursi 142	I	Argile	35	22	7.7	8.1	0.11	0.27
	II	Argile	29	22	7.8	8.4	0.22	0.27
	III	Argile	29	20	7.8	8.1	0.11	0.26
Moursi 143	I	Argile	28	19	7.2	7.7	0.22	0.05
	II	Argile	26	11	8	8.4	0.22	0.28
	III	Argile	24	9	8	8.1	0.11	0.23
Seno 702	I	lim sab	77	58	7.1	8.4	0.28	0.16
	II	lim arg sab	64	57	7.4	9.0	0.54	0.32
	III	lim arg sab	62	43	7.4	8.7	0.18	0.29
Seno 705	I	sab lim	80	62	5.2	9.2	0.02	0.44
	II	lim sab	71	49	6	8.8	0.04	0.25
	III	lim arg sab	68	45	6.2	8.4	0.03	0.16
Seno 707	I	sab lim	81	72	5.6	6.9	0.02	0.09
	II	lim sab	75	54	6.8	7.7	0.02	0.04
	III	lim arg sab	62	65	6.7	7.9	0.03	0.05
Seno 710	I	lim sab	66	59	4.5	7.7	0.02	0.09
	II	lim sab	57	49	5.5	6.6	0.01	0.04
	III	limon	42	24	5.6	5.2	0.02	0.02
Seno 712	I	lim sab	64	60	5.1	6.9	0.02	0.04
	II	lim sab	61	51	5.5	6.4	0.01	0.02
	III	lim arg sab	59	28	5.8	6.3	0.02	0.03
Seno 715	I	sab lim	81	67	5.6	7.1	0.03	0.13
	II	sab lim	80	62	5.8	6.2	0.02	0.02
	III	lim sab	73	48	5.8	6.0	0.02	0.02
Seno 717	I	sab lim	81	77	6.9	7.1	0.36	0.11
	II	sab lim	80	69	6	5.6	0.02	0.01
	III	lim sab	72	59	6.1	6.1	0.03	0.05
Seno 721	I	lim sab	70	72	5.6	5.0	0.01	0.04
	II	lim sab	69	38	5.9	7.8	0.01	0.08
	III	lim sab	60	53	6.2	8.1	0.02	0.06
Seno 722	I	lim sab	72	60	6.3	8.0	0.03	0.23
	II	lim sab	68	42	6.5	9.0	0.02	0.22
	III	lim arg sab	65	25	6.3	8.1	0.02	0.17
Seno 725	I	lim sab	69	57	6.5	6.7	0.01	0.17
	II	lim sab	67	57	6.4	7.3	0.02	0.05
	III	lim arg sab	60	46	6.9	7.2	0.02	0.05

Annexe 5. Evolution des sols: 1987-1997 - suite

Echantillons		Horizon	Texture	Sables (%)		pH		CE (dS/m)	
				1987	1997	1987	1997	1987	1997
Dian 506		I	lim arg sab	52	64	7.6	5.5	0.13	0.02
		II	lim arg sab	47	50	8.3	6.0	0.31	0.12
		III	arg sab	50	47	8.6	8.9	0.41	0.21
Dian 507		I	lim arg sab	48	31	7.7	5.6	0.17	0.22
		II	lim arg	43	33	7.8	7.7	0.1	0.1
		III	argile	37	32	7.7	7.4	0.12	0.08
Dian 510		I	lim arg	36	35	7.5	6.5	0.26	0.08
		II	argile	32	32	7.3	6.4	0.05	0.05
		III	lim arg	29	31	6.5	6.2	0.05	0.05
Dian 512		I	argile	34	24	6.5	5.4	0.08	0.03
		II	argile	27	12	7.9	5.1	0.12	0.04
		III	argile	24	15	6.4	5.3	0.13	0.03
Dian 517		I	argile	18	52	6.7	6.2	0.07	0.04
		II	argile	14	45	6.4	5.7	0.08	0.02
		III	argile	15	29	6.2	5.4	0.1	0.03
Dian 520		I	argile	41	19	7.3	6.8	0.13	0.15
		II	argile	35	15	8.2	6.8	0.3	0.15
		III	argile	34	5	8.2	6.8	0.38	0.15
Dian 523		I	argile	42	54	5.7	7.2	0.06	0.09
		II	argile	37	46	5.7	7.0	0.09	0.05
		III	argile	36	29	6.6	7.1	0.1	0.05
Dian 524		I	arg sab	46	33	6	6.9	0.1	0.07
		II	argile	30	27	5.6	5.1	0.05	0.03
		III	argile	30	20	5.3	4.9	0.04	0.03
Dian 525		I	argile	42	26	5.9	6.7	0.06	0.14
		II	argile	40	26	5.7	7.1	0.09	0.1
		III	argile	34	32	6.4	7.6	0.12	0.1
Danga 402		I	lim sab	70	63	6.5	7.0	0.07	0.28
		II	lim sab	69	59	6.4	6.5	0.03	0.41
		III	argile	31	47	6.1	5.5	0.02	0.02
Danga 405		I	lim sab	72		6.3	6.1	0.01	0.15
		II	lim arg sab	63	38	6.3	6.5	0.02	0.03
		III	arg sab	49	26	6.2	5.8	0.02	0.05
Danga 406		I	lim sab	70	68	6.5	6.3	0.03	0.09
		II	lim sab	68	58	6.6	5.7	0.03	0.02
		III	lim arg sab	52	39	6.4	6.5	0.02	0.04
Danga 409		I	lim sab	70	62	6.2	6.8	0.13	0.21
		II	lim sab	65	49	6.4	6.3	0.06	0.03
		III	lim arg sab	57	31	6.4	6.6	0.02	0.03
Danga 410		I	lim arg sab	71	62	6.2	7.2	0.03	0.09
		II	lim sab	61	50	6.5	6.9	0.05	0.05
		III	lim arg sab	49	41	6.3	7.35	0.05	0.05
Danga 411		I	lim arg sab	56	64	7.4	8.1	0.17	0.19
		II	lim arg sab	55	55	7.6	6.6	0.18	0.16
		III	lim arg sab	51	54	7.7	7.4	0.18	0.06
Danga 414		I	lim sab	71	47	5.7	6.8	0.02	0.22
		II	lim arg sab	57	40	5.4	5.7	0.03	0.02
		III	Argile	36	32	6.2	5.9	0.02	0.02
Danga 417		I	lim sab	71	43	5.7	6.2	0.11	0.03
		II	lim arg sab	57	51	6.7	6.2	0.03	0.02
		III	arg sab	46	56	6.4	6.2	0.03	0.03
Danga 420		I	Limon	39	54	6.2	6.5	0.06	0.04
		II	Limon	36	43	7.2	6.5	0.09	0.02
		III	lim arg	42	35	8	6.0	0.19	0.02
Danga 425		I	lim arg sab	54	36	5.9	6.2	0.04	0.06
		II	lim arg sab	48	38	5.5	5.6	0.03	0.03
		III	lim arg	43	19	5.2	5.3	0.02	0.03
Danga 426		I	lim arg sab	47	48	5.9	5.8	0.02	0.05
		II	Argile	40	41	5.6	5.9	0.03	0.02
		III	Argile	35	27	5.2	5.6	0.02	0.02
Danga 429		I	lim sab	61	65	6.4	8.1	0.03	0.14
		II	lim arg sab	50	57	5.7	7.8	0.16	0.1
		III	arg sab	47	58	5.8	7.8	0.03	0.07

